

## **CO-GESTÃO EM CIRURGIA COLORECTAL**

**ALEXANDRA MARTINS PEDRO BAYÃO HORTA MESQUITA DA CUNHA**

**Tese para obtenção do grau de Doutor em Medicina na**

**Especialidade em Medicina, Investigação Clínica**

**na Faculdade de Ciências Médicas | Nova Medical School**

**da Universidade Nova de Lisboa**

**DEZEMBRO, 2019**



# **CO-GESTÃO EM CIRURGIA COLORECTAL**

**Alexandra Martins Pedro Bayão Horta Mesquita da Cunha**

**Orientadores:**

**Professor Doutor Miguel Xavier**  
**Professor Catedrático da FCM|NMS, UNL**

**Professora Doutora Ana Luísa Papoila**  
**Professora Auxiliar da FCM|NMS, UNL**

**Professora Doutora Susana Vieira**  
**Professora Auxiliar do IST, UL**

**Tese para obtenção do grau de Doutor em Medicina**  
**na Especialidade em Medicina, Investigação Clínica**

**DEZEMBRO, 2019**

De acordo com o n.º 2 do artigo 8.º do Decreto-Lei n.º 388/70, a autora declara que participou na concepção, execução e interpretação dos resultados deste trabalho científico e que todas as afirmações efectuadas no presente documento são da sua inteira responsabilidade, não cabendo qualquer responsabilidade à Faculdade de Ciências Médicas pelos conteúdos apresentados.

A redacção desta tese não segue o novo acordo ortográfico.  
Em termos gerais, usou-se terminologia anglo-saxónica sempre que a expressão é a mais usada internacionalmente.



*À minha família*



A presente tese deu origem às seguintes publicações:

1. Horta AB. “Co-Management ou Responsabilidade Partilhada entre a Medicina Interna e as Especialidades Cirúrgicas: A Identificação dos doentes de alto risco.” *Med Interna (Bucur)*. 2017;24(1):44–7.
2. Salgado CM, Fernandes MP, Horta A, Xavier M, Vieira SM, Sousa JMC. “Multistage modeling for the classification of numerical and categorical datasets.” *Fuzzy Syst (FUZZ-IEEE)*, 2017 IEEE Int Conf IEEE. 2017;1–6.
3. Horta AB, Salgado C, Fernandes M, Vieira S, Sousa JM, Papoila AL, *et al*. “Clinical decision support tool for Co-management signalling.” *Int J Med Inform [Internet]*. 2018 Feb [cited 2018 Feb 25];113:56–62. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1386505618301060>.

Foram submetidos a publicação:

1. Alexandra Bayão Horta, Carlos Geraldês, Cátia Salgado, Susana Vieira, Miguel Xavier, Ana Luísa Papoila. “A multivariable prediction model to select colorectal surgical patients for co-management”.  
*Submetido para publicação na revista Acta Médica Portuguesa*
2. Alexandra Bayão Horta, Marisa Ferreira, Ana Luísa Papoila, Miguel Xavier, Susana Vieira. “Using Business Process Modeling and Notation to implement a clinical pathway – case study for co-management of colorectal surgery patients”.  
*Submetido para publicação na revista BMJ Open Quality*



# AGRADECIMENTOS

Esta tese é como uma corrida de fundo e terminá-la é uma conquista. Persistência, resiliência e fé foi o que me fizeram chegar ao fim.

Persistência para me manter na corrida.

Resiliência para conseguir continuar apesar das dificuldades, obstáculos aparentemente inultrapassáveis e desvios ao caminho inicial.

Fé para conseguir manter a chama viva de que o trabalho tem valor para quem mais importa, os meus doentes.

A corrida de fundo que é fazer uma tese não se corre sozinha e esta tese é disso um exemplo, pelo que este capítulo contém, em palavras simples mas sentidas, o agradecimento não só a todos os que aqui menciono, mas também a todos aqueles que não estando aqui mencionados de alguma forma permitiram que o trabalho fosse feito.

Aos meus orientadores, Professor Doutor Miguel Xavier, Professora Doutora Ana Luísa Papoila e Professora Doutora Susana Vieira, agradeço toda a paciência, a dedicação, o conhecimento transmitido a orientação preciosa e inteligente.

O trabalho de investigação foi feito em colaboração com várias pessoas. Ao Diogo que me apontou a via colaborativa com o Instituto Superior Técnico. À Cátia Salgado, ao Carlos Gerales e ao Professor Doutor João Sousa, muito obrigada por todo o trabalho e orientação dada.

Aos Colegas do Hospital da Luz Lisboa da minha equipa de Medicina Interna, por terem sempre facilitado os meus períodos de ausência, com uma palavra especial para o João Sá. À Engenheira Isabel Vaz pelo apoio incontestável.

À minha família deixo o meu agradecimento mais emocionado.

Aos meus Pais que fizeram a raiz do que hoje sou e que sempre apoiaram incondicionalmente o meu crescimento e facilitaram esta conquista.

Aos meus filhos, Maria Inês, Mariana e Miguel que tanto me orgulham, agradeço a compreensão, a generosidade de me oferecerem as horas de família que lhes roubei e de, apesar disso, ainda gostarem de me apoiar.

Ao meu marido, Rui, o meu companheiro incansável desta corrida, sempre disponível, sempre carinhoso e que sempre acreditou. Ele foi sem dúvida a peça chave mais determinante para conseguir desenvolver e acabar esta tese. Nunca perdeu o Norte e sempre me orientou para o encontrar. Para ele vão as minhas palavras mais gratas.

# RESUMO

O aumento da esperança média de vida leva a que a população que recorre aos hospitais seja progressivamente mais velha e, quase inerentemente, com maior multimorbilidade. Embora para a maioria dos doentes o risco do procedimento cirúrgico visto isoladamente seja muito baixo, as complicações após cirurgia são ainda uma importante causa de morte. A qualidade e resultado da assistência a doentes cirúrgicos internados depende da capacidade das equipas de cuidados integrarem a interacção dos múltiplos problemas e patologias que estes apresentam, com uma abordagem coerente multidisciplinar.

Em termos práticos, a colaboração entre as especialidades médicas e cirúrgicas pode ter vários modelos assistenciais, todos com defeitos e virtudes. As duas abordagens gerais mais usadas para o controlo clínico dos aspectos médicos em doentes cirúrgicos são: 1) modelo tradicional de consultoria por chamada e 2) o modelo da co-gestão (CG). A CG é uma forma de organização de cuidados moderna e que já se demonstrou ser favorável em situações complexas.

O objectivo do presente trabalho de investigação foi conceber e estruturar o circuito clínico optimizado de cuidados do doente cirúrgico, de forma a ser orientador para as especialidades envolvidas e desenvolver modelos preditivos de apoio à decisão a utilizar na implementação de um serviço de co-gestão entre a Medicina Interna (MI) e a Cirurgia Geral no Hospital da Luz Lisboa (HLL).

Usou-se a modelação gráfica de linguagem de *Business Process Modeling and Notation* (BPMN) para desenhar o circuito clínico de cuidados do doente cirúrgico e tomar consciência das eventuais lacunas existentes, bem como identificar os locais onde, no circuito do doente, se deve tomar a decisão de orientação para CG e quem a deve tomar.

Os critérios para selecção dos doentes para CG foram explicitados com base numa coorte histórica de doentes cirúrgicos de cirurgia colorectal de Janeiro de 2012 a Dezembro de 2015 (48 meses).

Desenvolveram-se dois modelos preditivos independentes que usam métodos de tratamento de dados adequados ao objecto do estudo, em cada momento do mesmo. O primeiro modelo preditivo, a ser aplicado na consulta de anestesia pré-operatória, usa apenas variáveis pré-operatórias e o segundo modelo preditivo, a ser aplicado à saída do recobro, usa variáveis pré e pós-operatórias. Estes modelos preditivos funcionam como ferramentas de apoio à decisão médica de selecção para CG entre a MI e a Cirurgia Geral.

Ambos os modelos mostraram medidas de desempenho muito satisfatórias. O modelo de variáveis pré-operatórias obteve uma *area under the receiver-operating characteristic (ROC) curve* (AUC) de 0.81, uma sensibilidade de 0.74, uma especificidade de 0.78 e um valor preditivo negativo (NPV) de 0.93 para um ponto de corte das probabilidades estimadas de 0.18. O modelo de variáveis pré e pós-operatórias obteve uma AUC de 0.86, uma sensibilidade de 0.80, uma especificidade de 0.82 e um NPV de 0.95 para um ponto de corte das probabilidades estimadas de 0.18. A capacidade preditiva dos dois modelos, avaliada através dos gráficos de calibração, foi boa.

Fez-se a validação interna do modelo das variáveis pré-operatórias e a validação externa do modelo das variáveis pré e pós-operatórias, ainda que sem transportabilidade geográfica.

Os gráficos do circuito clínico de cuidados foram refeitos com a introdução das alterações que se entenderam propor e com a aplicação, nos locais considerados apropriados, das ferramentas de apoio à decisão.



Esta ferramenta de Apoio à decisão permite:

- i. Codificar de forma explícita o conhecimento implícito existente nos médicos da organização,
- ii. Criar o método como o primeiro passo para extrapolar para outras doenças, outros procedimentos e outros ambientes hospitalares e,
- iii. Acrescentar racional de gestão à prática hospitalar.

Sabemos que a diversidade dos doentes e das estruturas organizativas dos diferentes hospitais torna impossível que haja uma única forma de desenhar e implementar um programa de CG bem-sucedido, mas os principais factores e variáveis envolvidas foram descritos nesta tese com base na experiência adquirida pelo autor no HLL e apoiada na literatura. Para atingir bons padrões de qualidade na prática médica é importante usar o método no qual a decisão clínica envolve a integração da evidência objectiva com a perícia individual.



# ABSTRACT

Increased life expectancy leads to surgical patients that are increasingly older with more morbidity.

Post-surgical complications are still an important mortality cause, although most individual surgical procedures carry a very low risk. The quality of care of surgical in-patients became thus critically dependent on the medical teams' capacity to integrate the interactions of their different pathological conditions, warranting multidisciplinary teams for the more complex cases.

The collaboration between medical and surgical specialties may follow different models, with different advantages and disadvantages. The most common approaches are (i) the traditional "on-call" model and (ii) co-management (CM). Co-management is a modern approach to the problem, which has been proven favourable in complex situations.

We focused on designing the complex patients' clinical-care pathway for CM between Internal Medicine (IM) and General Surgery at Hospital da Luz Lisboa (HLL), in order to clarify the role of the different specialties involved and to develop predictive models to support the clinical decision on which patients to select to CM.

The clinical-care pathway for complex patients at HLL was graphically modelled using Business Process Modeling Notation. There followed highlighting points for potential improvement as well as critical decision nodes for CM.

The criteria for inclusion in the CM pathway were made explicit using retrospective material from the patients submitted to colorectal surgery at HLL between January 2012 and December 2015 (48 months).

Two different mathematical/statistical predictive models were developed, each one using the most adequate technique for the pre-processing of the data at each stage of the study. The first model, to be used in a preoperative anaesthesiology clinic, using only preoperative data; and the second one, with both preoperative and postoperative data, to be used upon discharge from the recovery facility.

Both decision support tools showed good performance measures. The pre-operative model with an area under the receiver-operating characteristic (ROC) curve (AUC) of 0.81, a sensitivity of 0.74, a specificity of 0.78 and negative predictive value (NPV) of 0.93, leading to a satisfactory calibration plot. The model with both pre-operative and post-operative data attained an AUC of 0.86, a sensitivity of 0.08, a specificity of 0.82 and a NPV of 0.95, leading to a good predictive capacity gauged by the calibration plot.

The pre-operative data model was internally validated and the pre and post-operative data model was externally validated, albeit without geographical transportability.

The clinical-pathway graphics were thus changed, with the integration in two critical points of the input from the decision support tools.

This clinical decision support tool allows to:

- i. Codify explicitly the implicit knowledge held typically by the clinicians,
- ii. Develop and extrapolate to other diseases, other procedures and other hospital settings, and
- iii. Add managerial reasoning to hospital practice.

We acknowledge that diversity of patients and hospital setting makes impossible the existence of an exact formula to build a standard successful CM program. However, based on our experience at HLL and on the literature, we describe the main factors and variables involved, suggesting a simple approach. The integration of objective data with clinical expertise is key to achieve high standards in clinical practice.



# PREÂMBULO

Como transparece do meu *curriculum vitae*, a minha actividade profissional foi sempre focada na Medicina Interna (MI) clássica. Escolhi a especialidade por opção e não por recurso. Foi com grande gosto e determinação que escolhi MI e, se voltasse atrás, faria a mesma escolha.

Desde sempre, quer durante a formação específica quer já como especialista, tive a responsabilidade de fazer consultoria a doentes internados em outros Serviços hospitalares que não os de MI. Enquanto estive no serviço de MI do Hospital dos Capuchos era responsável, em regime de chamada, pelos doentes do Serviço de Neurocirurgia. No período em que estive no Hospital Pulido Valente era da minha responsabilidade dar apoio médico ao Serviço de Cirurgia Cardio-torácica. Em ambos os hospitais, para além destes dois serviços, quando estava de urgência interna, fui muitas vezes chamada a outros Serviços para observar doentes.

Da experiência adquirida, ficou a noção de que muitas vezes se chegava aos doentes tarde, pois os problemas médicos sobrepostos aos cirúrgicos deveriam ou poderiam ter sido controlados mais cedo. Se algumas vezes este atraso não tinha consequências de maior, outras vezes acontecia que se chegava não só tarde, como mesmo tarde demais.

Quando o Dr. João Sá me convidou para trabalhar na equipa de MI do Hospital da Luz Lisboa (HLL), na altura ainda em construção, conversámos longamente sobre o modelo de serviço que deveríamos aplicar. Tratando-se de uma instituição privada na qual o centro da actividade clínica era a actividade cirúrgica, desde cedo ficou claro que deveríamos, sempre que necessário, partilhar a responsabilidade clínica do doente cirúrgico mais complexo com o cirurgião responsável. Assim, informalmente e com a parceria dos internistas da Unidade de Cuidados Intensivos (UCI)

e os anestesistas, fomos seleccionando de forma diária os doentes mais complexos para partilha de responsabilidade clínica i.e, efectivamente para co-gestão (CG). A selecção dos doentes para serem sinalizados à equipa de MI tinha em conta o grau de risco do procedimento cirúrgico, o estado basal de saúde do doente e, também, a forma como tinha decorrido a intervenção cirúrgica e o seu pós-operatório imediato. O serviço assim oferecido foi sempre bem aceite pelos doentes e pelos cirurgiões e, com o crescimento da actividade do hospital, acabou representando sempre uma parte significativa da actividade da equipa de MI.

Como era expectável, o crescimento da actividade cirúrgica verificada no hospital, de par com o crescimento da actividade própria do serviço de MI com várias actividades concorrentes com a actividade assistencial, modificou os pressupostos existentes num grupo até aí pequeno e coeso. Por um lado, aguçou a consciência da necessidade de sermos mais criteriosos na escolha dos doentes que tínhamos de observar e tratar; por outro lado, a entrada de novos elementos para todas as equipas envolvidas (MI, cuidados intensivos, cirurgia geral e anestesia), gerou a necessidade de definir de forma precisa as regras de colaboração entre as equipas e quais os doentes a partilhar uma vez que a selecção dos doentes é feita de forma subjectiva.

Foi neste cenário que surgiu a necessidade de tentar definir formalmente a relação entre as duas especialidades envolvidas no tratamento dos doentes com a definição das regras colaborativas, desenvolvimento de protocolos de tratamento e abordagem dos diferentes problemas médicos e, não menos importante, identificação de quais os doentes que deveriam à partida ser seleccionados para a MI colaborar no seu tratamento.

A necessidade de fazer este trabalho levou-me a estudar o assunto na literatura e, pelo interesse suscitado, surgiu a ideia de desenvolver um trabalho de investigação neste tema.

Desde cedo se verificou que havia um aspecto que não estava bem definido, que era a identificação dos doentes a seleccionar para a MI colaborar no tratamento (para CG).



De facto, a selecção dos doentes para CG, ainda que parecesse correctamente feita em termos clínicos, era empírica, baseada na experiência do médico sénior da anestesia e/ou da UCI (através da apreensão global dos factores envolvidos e que estavam registados na consulta de anestesia) e feita já no dia da cirurgia à porta do bloco operatório (BO). Daqui resultavam frequentemente problemas de gestão de vagas de camas de vigilância para o pós-operatório nas primeiras 24h, assim como alguns problemas com entidades pagadoras, dado não se conseguir acordar previamente as condições que depois eram aplicadas.

Esta necessidade prática de resolver de forma adequada e, apoiada na literatura, um problema organizativo do hospital e dos seus doentes foi a motivação inicial para a escolha do tema desta tese. Já a necessidade de encontrar uma forma de seleccionar os doentes para terem o apoio da MI no pós-operatório, foi a motivação subsequente para o desenvolvimento da tese.

Assim, o tema da tese não nasce inserido numa linha de investigação científica ou num projecto já existente, mas sim no conhecimento e experiência adquiridos no decurso da actividade clínica, em conjunto com a necessidade prática de resolução de uma situação organizativa.

A tese apresenta uma elevada interacção entre a medicina e a ciência de tratamento de dados. Neste sentido, foi uma enorme mais-valia o trabalho desenvolvido com o departamento de estatística da Faculdade Ciências Médicas | Nova Medical School e com o departamento de engenharia mecânica do Instituto Superior Técnico. É de assinalar que esta colaboração entre a medicina e a ciência de tratamento de dados foi bidireccional, tendo havido complementaridade com multiplicação de conhecimento para ambos os lados, uma vez que a informação adquirida foi aproveitada para incremento do conhecimento previamente existente.

Assim, o contributo deste cruzamento de saberes permitiu evoluir de um rascunho inicial da ideia para um trabalho mais organizado, consequente e profundo, que agora aqui se apresenta, e que foi entretanto já objecto de comunicações e publicações conjuntas.

No HLL, onde o estudo se desenvolve, a CG de doentes entre a MI e as especialidades cirúrgicas já existe e constitui uma prática corrente.

Não existe ainda, no entanto:

1. Uma definição objectiva da selecção de doentes para CG permitindo, de forma explícita e reprodutível entre pares, tornar visíveis os doentes de maior risco que beneficiarão da CG;
2. Um sistema explícito de quem deve fazer a sinalização dos doentes para a MI colaborar na assistência na enfermaria e de em que momento no circuito do doente dentro do hospital essa sinalização deve ser efectuada;
3. Uma explicitação das regras de responsabilidade partilhada que facilite a relação entre especialistas médicos e cirúrgicos;
4. Um esclarecimento adequado da equipa de enfermagem sobre qual o papel de ambos os médicos; e
5. Uma definição clara, junto das famílias, do papel dos médicos intervenientes.

Sendo que a CG é uma abordagem de gestão do internamento favorável em situações complexas, o foco deste trabalho centra-se nos aspectos do circuito clínico de cuidados (CCC) ao doente cirúrgico que respeitam à colaboração entre a MI e a cirurgia geral para a CG de doentes complexos.

Pretende-se desenhar o CCC do doente cirúrgico dentro do Hospital da Luz e identificar os locais desse CCC onde há aspectos que devem ser ajustados para permitir a implementação da CG com preenchimento das lacunas acima elencadas.

# DESCRIÇÃO DA TESE

A tese desenvolve-se em capítulos elencados no índice, sendo que cada um dos capítulos está dividido em subcapítulos e alguns destes, ainda, em secções. O fio condutor da leitura deve ter em conta que esta tese se desenvolveu com um objectivo geral que foi estruturar o circuito clínico de cuidados do doente cirúrgico no Hospital da Luz Lisboa (HLL) e desenvolver ferramentas de apoio à decisão a utilizar na implementação de um serviço de co-gestão (CG) entre a MI e a Cirurgia Geral naquele hospital.

A tese tem duas partes principais. A primeira compreende o enquadramento teórico do tema e a segunda compreende a contribuição pessoal do autor.

No capítulo 1 da parte I (CO-GESTÃO) é feita a revisão da bibliografia existente sobre o tema central da tese — CG. Neste capítulo desenvolve-se o conhecimento existente sobre a CG e todos os aspectos que se ligam com ele e interligam entre si, havendo lugar para algumas definições importantes para o trabalho nomeadamente a definição de CG, a de Comorbilidades (Cm) e a de *Failure to Rescue*<sup>1</sup> (FTR). Ainda neste capítulo é descrita a forma como, na opinião do autor e com apoio da literatura, um serviço de CG deverá ser conceptualizado e implementado. Neste capítulo do estado da arte é também feita a exploração da literatura sobre os diferentes factores que devem ser considerados para se seleccionarem os doentes para CG e suas limitações.

---

<sup>1</sup> *Failure To Rescue* é um conceito que é definido como mortes hospitalares após eventos adversos, o que inclui as complicações pós-operatórias e é calculado pela percentagem de mortes entre os doentes com complicações pós-operatórias. A sua tradução para Português seria “falha de resgate” ou incapacidade de resgatar. Optou-se nesta tese por manter o anglicismo uma vez que é aquele que a literatura utiliza.

A parte I termina com o capítulo 2 (DESCRIÇÃO DE CIRCUITOS CLÍNICOS) com a explicação da linguagem gráfica BPMN o seu interesse e aplicação nas organizações em geral e nas organizações de cuidados de saúde em particular.

A segunda parte (PARTE II – CONTRIBUIÇÃO PESSOAL) compreende cinco capítulos.

No capítulo 1 (FUNDAMENTAÇÃO, QUESTÕES E OBJECTIVOS DE INVESTIGAÇÃO) é descrito o contexto de fundamentação científica para o tema desta tese e são descritos os objectivos do trabalho.

O capítulo seguinte – capítulo 2 (O ESTUDO) – é dedicado à descrição do trabalho de investigação realizado. Este capítulo está organizado em cinco principais subcapítulos que são: 1) a natureza do trabalho (subcapítulo 2.1. – NATUREZA DO ESTUDO); 2) a descrição do local do estudo (subcapítulo 2.2. – CARACTERÍSTICAS GERAIS DO LOCAL ONDE DECORREU O ESTUDO); 3) a descrição da população do estudo (subcapítulo 2.3. – POPULAÇÃO ALVO), 4) a descrição dos materiais e métodos utilizados (subcapítulo 2.4. – MATERIAL E MÉTODOS) que se desenvolve em várias secções e, 5) os resultados obtidos (subcapítulo 2.5. – RESULTADOS).

Os materiais e métodos são explicados com a definição das variáveis em estudo, a definição e explicação da variável de interesse e com o cálculo do tamanho da amostra. Ainda nesta secção é explicada a simbologia que é usada no programa Bizagi®, que foi a ferramenta usada para desenhar o CCC do doente cirúrgico no local do estudo (secção 2.4.4. – Desenho gráfico do circuito clínico de cuidados). Na secção 2.4.5. – (Processamento dos dados e análise estatística), é descrita a forma como os dados foram processados, a análise estatística utilizada e, de forma mais detalhada, descreve-se a metodologia de modelação para cada um dos modelos preditivos desenvolvidos .

Ainda neste capítulo 2, O ESTUDO, no subcapítulo 2.5. (RESULTADOS) são explanados os resultados. Apresentam-se os modelos gráficos desenhados em BPMN (2.5.1.) no que respeita ao estado antes do estudo, são explicados os resultados obtidos no

decurso do desenvolvimento de cada um dos modelos, especificam-se os modelos e termina-se com a explicação e resultados dos dois modelos finais (2.5.2., 2.5.3.).

No capítulo 3 (DISCUSSÃO) apresenta-se a discussão dos resultados e reflexões sobre o trabalho de investigação desenvolvido, com os aspectos que respeitam ao desenvolvimento do projecto em geral (3.1.) e da CG em particular (3.2.). É redesenhado o CCC em gráficos BPMN face aos resultados do estudo com a introdução das modificações que se propõem (3.3.). No subcapítulo 3.4. discutem-se os resultados dos modelos de predição e, no subcapítulo 3.5., apresenta-se uma proposta de duas aplicações práticas de implementação da utilização dos sistemas de apoio à decisão obtidos. A primeira é a criação de uma aplicação informática *Microsoft Power-BI* (3.5.1.) de utilização do modelo das variáveis pré-operatórias; e a segunda (3.5.2.) é um nomograma e uma aplicação informática disponível numa página *web* (através de um *link*) de utilização do modelo de variáveis pré e pós-operatórias.

No capítulo 4 (CONDICIONANTES, LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS) explicam-se, na opinião do autor, quais as condicionantes deste trabalho, as limitações e as perspectivas de desenvolvimento de trabalhos futuros.

Termina-se com o capítulo 5 (CONCLUSÕES) onde são elencadas as conclusões.



# LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

<b>ACS</b>	<i>American College of Surgeons</i>
<b>AIT</b>	<i>Acidente Isquémico Transitório</i>
<b>ASA-PS</b>	<i>American Society of Anæsthesiology – Performance Status</i>
<b>AVC</b>	<i>Acidente Vascular Cerebral</i>
<b>AUC</b>	<i>Area under the ROC curve</i>
<b>BO</b>	<i>Bloco Operatório</i>
<b>BPMN</b>	<i>Business Process Modeling and Notation</i>
<b>BUPA</b>	<i>British United Provident Association</i>
<b>CCC</b>	<i>Circuito Clínico de Cuidados</i>
<b>CCI</b>	<i>Charlson Comorbidity index</i>
<b>CCR</b>	<i>Cirurgia ColoRectal</i>
<b>CG</b>	<i>Co-Gestão</i>
<b>Cm</b>	<i>Co-morbilidades</i>
<b>CmBurden</b>	<i>Carga de co-morbilidades</i>
<b>CR-POSSUM</b>	<i>ColoRectal Physiological and Operative Severity Score for the enUmeration of Mortality and morbidity</i>
<b>CV</b>	<i>Doença Cardio-Vascular</i>
<b>DCV</b>	<i>Doença Cerebro-Vascular</i>
<b>DM</b>	<i>Diabetes Mellitus</i>
<b>DPOC</b>	<i>Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica</i>
<b>EAM</b>	<i>Enfarte Agudo do Miocárdio</i>
<b>ERAS</b>	<i>Enhanced Recovery After Surgery</i>
<b>EUA</b>	<i>Estados Unidos da América</i>
<b>EuSOS</b>	<i>European Surgical Outcome Study</i>
<b>FTR</b>	<i>Failure to Rescue</i>
<b>FCM</b>	<i>Fuzzy-c-means</i>
<b>GAM</b>	<i>Generalized Additive Model</i>

<b>HTA</b>	Hipertensão Arterial
<b>HLL</b>	Hospital da Luz Lisboa
<b>ITU</b>	Infecção de Tracto Urinário
<b>ICD-9</b>	<i>International Classification of Diseases – 9<sup>th</sup> edition</i>
<b>LRA</b>	Lesão Renal Aguda
<b>LASSO</b>	<i>Least Absolute Shrinkage and Selection Operator</i>
<b>MI</b>	Medicina Interna
<b>MOD</b>	<i>Multiple Organ Dysfunction</i>
<b>MS</b>	<i>Multistage</i>
<b>MSE</b>	<i>Multistage com Ensemble</i>
<b>NCEPOD</b>	<i>National Confidential Enquiry into Patient Outcome and Death</i>
<b>NICE</b>	<i>National Institute for Health and Care Excellence</i>
<b>NPV</b>	<i>Negative Predictive Value</i>
<b>NSQIP</b>	<i>National Surgical Quality Improvement Program</i>
<b>PCE</b>	Processos Clínicos Electrónicos
<b>PCM</b>	<i>Possibilistic-c-means</i>
<b>POMS</b>	<i>PostOperative Morbidity Survey</i>
<b>POSSUM</b>	<i>Physiological and Operative Severity Score for the enUmeration of Mortality and morbidity</i>
<b>P-POSSUM</b>	<i>Portsmouth Physiological and Operative Severity Score for the enU-meration of Mortality and morbidity</i>
<b>PPV</b>	<i>Predictive Positive Value</i>
<b>RAR</b>	Ressecção Anterior do Recto
<b>RCI</b>	<i>Revised Cardiac Index</i>
<b>RL</b>	Regressão Logística
<b>ROC</b>	<i>Receive Operating Characteristic Curve</i>
<b>SAS</b>	<i>Surgical Apgar Score</i>
<b>SFS</b>	<i>Sequential Forward Selection</i>
<b>SIDA</b>	Síndrome de ImunoDeficiência Adquirida
<b>S-MPM</b>	<i>Surgical Mortality Probability Model</i>
<b>SORT</b>	<i>Surgical Outcome Risk Tool</i>
<b>SRS</b>	<i>Surgical Risk Score</i>
<b>TEP</b>	Trombo Embolismo Pulmonar



<b>TS</b>	<i>Takagi-Sugeno</i>
<b>TVP</b>	Trombose Venosa Profunda
<b>UCI</b>	Unidade de Cuidados Intensivos
<b>UCInt</b>	Unidade de Cuidados Intermédios
<b>UCPA</b>	Unidade de Cuidados Pós Anestésicos
<b>VIH</b>	Vírus de Imunodeficiência Humana



# ÍNDICE DE TABELAS

102	<b>TABELA I</b>	Definição das variáveis que se recolheram dos PCE dos doentes.
107	<b>TABELA II</b>	Variáveis seleccionadas para o estudo.
126	<b>TABELA III</b>	Características dos doentes do conjunto de desenvolvimento e comparações do subgrupo dos doentes sinalizados com o subgrupo dos doentes não sinalizados.
139	<b>TABELA IV</b>	Desempenho médio de 5 partições repetida 10 vezes para os modelos de um estadio e para o modelo de dois estadios (com agrupamento no 2.º estadio).
141	<b>TABELA V</b>	Desempenho médio para validação cruzada de 5 partições com 10 repetições dos três modelos com variáveis não binárias.
143	<b>TABELA VI</b>	Desempenho médio para validação cruzada de 5 partições com 10 repetições do modelo final com variáveis não binárias.
144	<b>TABELA VII</b>	Desempenho médio para 5 partições com 10 repetições dos 6 modelos seleccionados para testar em fase prospectiva.
147	<b>TABELA VIII</b>	Resultados da análise multivariável para o conjunto de dados de desenvolvimento.
149	<b>TABELA IX</b>	Medidas de desempenho do ponto de corte 0.18 obtido pelo modelo ajustado no conjunto de desenvolvimento.
149	<b>TABELA X</b>	Características dos doentes dos conjuntos de desenvolvimento e de validação com as respectivas comparações.
152	<b>TABELA XI</b>	Resultados da análise multivariável para o conjunto de dados de validação.
153	<b>TABELA XII</b>	Resultados da análise multivariável para o conjunto de dados global.

153	<b>TABELA XIII</b>	Medidas de desempenho do ponto de corte 0.18 obtido pelo modelo ajustado no conjunto de dados global.
224	<b>TABELA XIV</b>	Respostas às perguntas da entrevista aos anestesistas, intensivistas e cirurgiões.
227	<b>TABELA XV</b>	Tabela apresentada aos cirurgiões para atribuição do risco do procedimento cirúrgico.
228	<b>TABELA XVI</b>	Tabela para atribuição do risco do procedimento cirúrgico — resultados de respostas de 15 cirurgiões.
229	<b>TABELA XVII</b>	Análise univariável

# ÍNDICE DE FIGURAS

62	<b>FIGURA 1</b>	Esquema representativo do triângulo determinante do risco de complicações cirúrgicas.
69	<b>FIGURA 2</b>	Domínio relativo das características do doente e das características do procedimento na mortalidade.
84	<b>FIGURA 3</b>	Elementos básicos da linguagem gráfica BPMN.
84	<b>FIGURA 4</b>	Explicação dos diferentes tipos de decisões divergentes.
85	<b>FIGURA 5</b>	Explicação dos diferentes tipos de decisões convergentes.
90	<b>FIGURA 6</b>	Esquema representativo do triângulo determinante de um CCC específico.
112	<b>FIGURA 7</b>	Detalhe dos símbolos do programa Bizagi®.
114	<b>FIGURA 8</b>	Representação esquemática da validação cruzada de 5 partições.
118	<b>FIGURA 9</b>	Desenho idealizado para a modelação dos dados binários separados dos dados não binários.
121	<b>FIGURA 10</b>	Esquema representativo do modelo <i>MS</i> com agrupamento de 2 modelos no 2.º estadio.
122	<b>FIGURA 11</b>	Desenho da modelação no 2.º cenário primeira abordagem (modelo RF).
122	<b>Figura 12</b>	Desenho da modelação no 3.º cenário segunda abordagem (modelo RSF).
125	<b>FIGURA 13</b>	Fluxograma global dos doentes.
129	<b>FIGURA 14</b>	Macroprocesso do CCC.
130	<b>FIGURA 15</b>	Conjunto do macroprocesso com detalhe dos processos e subprocessos.
131	<b>FIGURA 16</b>	Processo 1 — Avaliação pré-operatória.
132	<b>FIGURA 17</b>	Processo 2 — Bloco Operatório.

133	<b>FIGURA 18</b>	Processo 3 — Recobro.
133	<b>FIGURA 19</b>	Subprocesso 3.1 = recobro UCPA.
134	<b>FIGURA 20</b>	Subprocesso 3.2 e 3.3 (Recobro UCI e Subprocesso Recobro UCInt).
136	<b>FIGURA 21</b>	Processo 4 — Enfermaria.
140	<b>FIGURA 22</b>	Variáveis binárias mais frequentemente seleccionadas pelo MS.
140	<b>FIGURA 23</b>	Conjunto de variáveis não binárias mais frequentemente seleccionadas pelo MS.
142	<b>FIGURA 24</b>	Representação do modelo final (modelo 4 — RSR) <i>Multistage com Ensemble</i> .
144	<b>FIGURA 25</b>	Gráfico de calibração do modelo MS com 50 conjuntos de validação. O número médio de doentes está no eixo secundário yy.
146	<b>FIGURA 26</b>	Gráfico do modelo GAM mostrando o ponto de corte às 24h.
154	<b>Figura 27</b>	Gráfico de calibração do modelo considerando o conjunto de dados global.
166	<b>FIGURA 28</b>	Documentos de dados com Ferramenta de Apoio à Decisão (FAD) introduzidos nos gráficos <i>To-Be</i> .
167	<b>FIGURA 29</b>	Processo 1- Avaliação pré-operatória — Gráfico <i>To-Be</i> . Introdução da FAD pré-operatória e fluxo subsequente com a introdução do subprocesso da gestão.
167	<b>FIGURA 30</b>	Processo 3 — Recobro — Gráfico <i>To-Be</i> com a introdução da FAD pós-operatória.
168	<b>FIGURA 31</b>	Processo 4 — Enfermaria — Gráfico <i>To-Be</i> . Introdução da FAD pós-operatória na decisão.
168	<b>FIGURA 32</b>	Macroprocesso do CCC.
169	<b>FIGURA 33</b>	Detalhe do conjunto dos processos que compõem o macroprocesso — Gráfico <i>To-Be</i> — com a introdução da FAD pré-operatória e da FAD pós-operatória nos locais de decisão do tipo de seguimento.
185	<b>FIGURA 34</b>	Fotografia com exemplo 1.
186	<b>FIGURA 35</b>	Fotografia com exemplo 2.

- 187     **FIGURA 36**     Nomograma.
- 189     **FIGURA 37**     Fotografia da 1.<sup>a</sup> secção da página web quando se abre o link:  
                                 <http://artintel.science/comanagement/>.
- 190     **FIGURA 38**     Fotografia da 2.<sup>a</sup> secção da página web quando se abre o link:  
                                 <http://artintel.science/comanagement/>.
- 191     **FIGURA 39**     Fotografia com exemplo 1.
- 192     **FIGURA 40**     Fotografia com exemplo 2.
- 196     **FIGURA 41**     Esquema representativo do triângulo determinante da  
                                 variável resposta.





# ÍNDICE GERAL

41	<b>PARTE I ENQUADRAMENTO TEÓRICO</b>
43	1. CO-GESTÃO
43	1.1. GENERALIDADES
46	1.2. ALGUNS CONCEITOS
46	1.2.1. Co-Gestão
48	1.2.2. Co-morbilidades
50	1.2.3. <i>Failure to Rescue</i>
53	1.3. A REALIDADE EM CONTEXTOS CLÍNICO-ORGANIZACIONAIS DIVERSOS
57	1.4. CONCEPTUALIZAÇÃO DE UM SERVIÇO DE CO-GESTÃO
59	1.5. SELECÇÃO DE DOENTES PARA CO-GESTÃO
61	1.5.1. Factores a considerar para seleccionar doentes para Co-Gestão
63	1.5.1.1. Factores de risco pré-operatórios conhecidos
68	1.5.1.2. Factores inerentes ao risco do procedimento cirúrgico
76	1.5.1.3. Características particulares do hospital onde o procedimento tem lugar
79	2. DESCRIÇÃO DE CIRCUITOS CLÍNICOS
87	<b>PARTE II CONTRIBUIÇÃO PESSOAL</b>
89	1. FUNDAMENTAÇÃO, QUESTÕES E OBJECTIVOS DE INVESTIGAÇÃO
89	1.1. FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA E CONTEXTO
91	1.2. QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO
91	1.3. OBJECTIVOS
92	1.3.1. Objectivo geral
92	1.3.2. Objectivos específicos
95	2. O ESTUDO
95	2.1. NATUREZA DO ESTUDO

95	2.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO LOCAL ONDE DECORREU O ESTUDO
97	2.3. POPULAÇÃO ALVO
98	2.4 MATERIAL E MÉTODOS
98	2.4.1. Definição das Variáveis
107	2.4.1.1. Variáveis do estudo
109	2.4.1.2. Definição da variável resposta
110	2.4.2. Comissão de ética
111	2.4.3. Cálculo da dimensão da amostra
111	2.4.4. Desenho gráfico do circuito clínico de cuidados
112	2.4.5. Processamento dos dados e análise estatística
113	2.4.5.1. Modelo das variáveis pré-operatórias
123	2.4.5.2. Modelo das variáveis pré e pós-operatórias
125	2.5. RESULTADOS
129	2.5.1. Circuito clínico de cuidados – Modelo <i>As-Is</i>
137	2.5.2. Modelo das variáveis pré-operatórias
142	2.5.2.1. O modelo final
144	2.5.3. Modelo das variáveis pré e pós-operatórias
145	2.5.3.1. Estudo multivariável
147	2.5.3.2. Análise multivariável (conjunto de desenvolvimento)
149	2.5.3.3. Análise Multivariável (conjunto de validação)
152	2.5.3.4. Análise Multivariável (conjunto global)
155	3. DISCUSSÃO
155	3.1. O DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO
157	3.2. O Projecto de CG
164	3.3. Circuito clínico de cuidados – Modelo <i>To-Be</i>
170	3.4. OS MODELOS
174	3.4.1. O modelo das variáveis pré-operatórias
176	3.4.1.1. O método
177	3.4.1.2. A relevância clínica dos resultados
180	3.4.2. O modelo das variáveis pré e pós-operatórias
182	3.4.2.1. A relevância clínica dos resultados
184	3.5. Determinar na prática a selecção de doentes para CG
184	3.5.1. Microsoft Power BI
187	3.5.2. Nomograma e aplicação informática

195	4. CONDICIONANTES, LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS
195	4.1. CONDICIONANTES
197	4.2. LIMITAÇÕES
197	4.3. TRABALHOS FUTUROS
199	5. CONCLUSÕES
203	6. BIBLIOGRAFIA
221	7. APÊNDICES
221	7.1. INSTRUMENTOS APLICADOS
221	7.1.1. Questionário aplicado para escolha das variáveis do estudo
226	7.1.2. Questionário aplicado para escolha da classificação de risco cirúrgico
229	7.2. Informação estatística
229	7.2.1. Análise univariável
230	7.2.2. Análise lasso
230	7.2.3. Fórmulas dos modelos das variáveis pré-operatórias
232	7.2.4. Fórmula do modelo das variáveis pré e pós-operatórias
232	7.3. PUBLICAÇÕES
232	7.3.1. Artigos publicados
250	7.3.4. Artigos submetidos para publicação
282	7.4. APRESENTAÇÕES
283	<b>ANEXOS</b>
285	8.1. ANEXO 1 – AUTORIZAÇÕES DAS COMISSÕES DE ÉTICA
287	8.2. ANEXO 2 – TABELAS
287	8.2.1. Tabela 1 – Score S-MPM
287	8.2.2. Tabela 2 – Escala ASA-PS
288	8.2.3. Tabela 3 – Classificação AKIN
288	8.3. ANEXO 3 – ESCALAS DE MEDIÇÃO DE CO-MORBILIDADES E OU COMPLICAÇÕES
288	8.3.1. Índice de Comorbilidades de Charlson
289	8.3.2. ASA-PS
290	8.3.3. RCI
290	8.3.4. NSQIP
291	8.4. ANEXO 4 – ESCALAS DE RISCO CIRÚRGICO
291	8.4.1. Escala de grau de risco cirúrgico S-MPM

292	8.4.2. Gradação de Risco Cirúrgico usada no estudo EuSOS
292	8.4.3. Escala de Risco da Norma de Orientação Clínica da Direcção Geral de Saúde Portuguesa
293	8.4.4. Escala de Risco Cirúrgico usada no <i>Surgical Risk Score</i>

PARTE I

# ENQUADRAMENTO TEÓRICO



# 1. CO-GESTÃO

## 1.1. GENERALIDADES

O aumento da esperança média de vida que se verifica nas últimas décadas determina que a idade dos doentes que se apresentam no hospital tem vindo progressivamente a aumentar, com doentes em média mais idosos mas também (quase inerentemente) com mais patologias, sendo cada vez mais a regra a existência de multimorbilidade.

Dados nacionais mostram que entre 2009 e 2017 a população Portuguesa com idade acima de 65 anos passou de 17,8% para 21% e o índice de envelhecimento (*ratio* de idosos/jovens x100) aumentou de 116 para 153 no mesmo período (8 anos) (1,2). Estes dados são semelhantes em outros países (3).

Neste contexto, o fornecimento de cuidados de saúde é uma das grandes preocupações que as mudanças demográficas impõem, constituindo um desafio presente e futuro.

Com o avanço da tecnologia, as intervenções cirúrgicas têm, nos últimos 20 anos, evoluído no sentido da menor agressividade, através da utilização de técnicas minimamente invasivas e mais controladas no procedimento, muitas vezes apoiadas em tecnologia avançada. Também as técnicas anestésicas evoluíram no sentido do recurso a controlo com electroencefalograma e monitorização hemodinâmica, utilização de fármacos menos tóxicos e uso de técnicas mistas loco-regionais e gerais.

Há 20 anos era muito comum haver doentes a quem o tratamento cirúrgico da sua doença não seria oferecido devido ao risco acrescido que as suas co-morbilidades (Cm) ou a sua idade determinavam. É hoje em dia possível intervir em

doentes cada vez mais debilitados e com mais patologias crónicas de base, mas também mais velhos e que, de forma subtil, têm a reserva funcional dos vários órgãos e sistemas limitada e que se torna aparente perante o *stress* operatório e pós-operatório (4).

A interacção entre complexidades clínicas e a abrangência das terapêuticas condiciona o internamento nas enfermarias cirúrgicas de doentes com múltiplas patologias de base, muitas vezes interligadas e que frequentemente descompensam perante a agressão cirúrgica gerando um desequilíbrio para o doente, mesmo quando as intervenções cirúrgicas constituem um sucesso técnico.

Paralelamente, o cuidado a doentes agudos com múltiplas doenças (doente multimórbido) é, cada vez mais, mais sofisticado. Sabemos que os consultores médicos em mais de um terço das consultas a doentes cirúrgicos abordam problemas que não estavam na motivação do pedido de consulta e em média abordam mais de 2 problemas médicos por consulta (5). Simultaneamente, é frequente haver uma pressão grande sobre o cirurgião para manter uma alta produtividade no BO e daqui resulta que a sua presença na enfermaria, em contexto de pós-operatório, muitas vezes foca-se predominantemente na observação dos aspectos que estão directamente relacionados com a intervenção cirúrgica, não tendo o cirurgião, habitualmente, nem disponibilidade de tempo nem competências específicas para lidar com os múltiplos problemas médicos agudos ou crónicos do doente multimórbido descompensado (6).

Por ano, cerca de 310 milhões de doentes em todo o mundo são operados (7,8), com uma estimativa da mortalidade entre 1% a 4% (9-12), e de morbilidade entre 3% e 17% (13).

Num estudo europeu recente (14), multicêntrico, envolvendo 28 países europeus, incluindo Portugal, coordenado pelas Sociedades Europeias de Cirurgia, de Cuidados Intensivos e de Anestesia, a mortalidade hospitalar em doentes de cirurgia não-cardíaca revelou-se muito mais alta do que o esperado (4% em vez de 1,3-2%, conforme descrita em estudos anteriores) (15).



Embora para a maioria dos doentes o risco do procedimento cirúrgico seja muito baixo, as complicações após cirurgia são ainda uma importante causa de morte. É hoje em dia reconhecido que mais de uma em cinco mortes surgem num pequeno grupo de doentes de alto risco (16–18). Acresce que os doentes que desenvolvem complicações mas sobrevivem e têm alta, muitas vezes têm redução da sua capacidade funcional e de sobrevivência a longo prazo (19–21). Sabe-se também que, em doentes cirúrgicos, 70% das readmissões até aos 30 dias são devidas a doença médica descompensada (22,23).

A qualidade da assistência a doentes cirúrgicos internados tornou-se hoje criticamente dependente da capacidade das equipas integrarem conhecimentos suficientes para lidar com a complexidade dos múltiplos problemas e patologias que estes apresentam.

Há mais de 40 anos Donabedian descreveu um modelo de avaliação de qualidade em saúde o qual contemplava três eixos: estrutura, processos e resultados. Estrutura referia-se a como o sistema de saúde estava organizado; processo referia-se ao método pelo qual os cuidados de saúde eram prestados; e resultados ao estado decorrente do processo de cuidados (24).

Há evidência cada vez maior de que questões relacionadas com os processos em cuidados de saúde têm provavelmente um impacto significativo nos resultados dos doentes cirúrgicos (25). Num estudo norte-americano conduzido pelo *National Surgical Quality Improvement Program* (NSQIP) foram examinados os resultados de mais de 180 mil casos cirúrgicos e encontrou-se um aumento significativo da mortalidade na população de doentes que tinham tido a cirurgia electiva numa sexta-feira, por oposição aos que eram operados entre a segunda-feira e a quinta-feira. Esta diferença era apenas evidente nos doentes admitidos no pós-operatório para a enfermaria geral e não nos doentes de cirurgia de ambulatório ou nos que foram admitidos para as unidades de cuidados intensivos UCI (26). Pode dizer-se que este estudo mostra que os processos de prestação de cuidados de saúde são um factor que influencia os resultados clínicos, para além dos classicamente reconhecidos como as condições do doente, do procedimento ou mesmo do cirurgião. Assim, pode concluir-se que a organização dos processos de cuidados de saúde deve ter capacidade para acomodar questões tão simples como a diminuição da

vigilância médica em ambiente de enfermaria nos dias em que essa mesma vigilância se limita a eventos agudos de urgência.

## **1.2. ALGUNS CONCEITOS**

### **1.2.1. Co-Gestão**

Em termos práticos a colaboração entre as especialidades médica e cirúrgicas pode ter vários modelos assistenciais, sendo que todos possuem vantagens e desvantagens. Há dois modelos básicos mais usados para o controlo clínico dos aspectos médicos em doentes cirúrgicos.

No modelo tradicional, o cirurgião é o único responsável pelo doente e, sempre que considera necessário, requer uma consulta com um internista ou outro especialista que, perante a análise pontual dos problemas, fará recomendações. Tipicamente as recomendações feitas ficam registadas no processo do doente e são ou não instituídas, sendo a decisão tomada frequentemente algum tempo depois da sugestão. O especialista que presta a consultoria é muitas vezes o médico que está de serviço naquele momento e que, frequentemente, não será o médico que reavalia posteriormente o doente.

Hoje em dia, a tendência é para se criarem modelos de CG nos quais o especialista, habitualmente um internista, colabora na gestão clínica do doente complexo independentemente da especialidade que o admitiu a internamento, sendo que a imputação de responsabilidade do doente fora do BO é partilhada entre o cirurgião e o internista (7). Neste contexto, o internista avalia diariamente as questões agudas e as Cm médicas, comunica com o cirurgião, integra a intervenção de outras especialidades e facilita a transição do doente para a alta do hospital de agudos. A relação entre o cirurgião e o internista torna-se altamente colaborativa e ambos estão envolvidos no tratamento do doente com a intervenção de outras especialidades sempre que necessário (7-9,27).

A responsabilidade partilhada dos doentes cirúrgicos é uma tendência que se revela vantajosa na organização das estruturas hospitalares modernas, estando

a evoluir-se de uma situação em que o internista é um mero consultor de doentes cirúrgicos, para uma situação em que o internista é também responsável pelo doente enquanto hospitalizado por uma doença cirúrgica (9).

Por exemplo, se um internista é chamado a observar um doente por hipertensão arterial, é muito difícil não abordar outras questões do doente, tais como, por exemplo, a existência de altos níveis de glicémia, de falta de profilaxia da trombose venosa profunda ou o agravamento laboratorial da função renal. A contribuição por parte do internista é assim determinada pelas necessidades dos doentes e não pelas perguntas que o cirurgião fez e que motivaram a sua chamada. Como dito acima, está provado que os internistas abordam mais de duas questões por observação e que, em mais de um terço das observações, abordam questões que não tinham sido colocadas por quem requereu a consulta (5).

Hoje em dia, nos EUA, mais de 50% dos doentes cirúrgicos têm um consultor médico ou um internista em CG: estes achados ilustram o paradigma da mudança do consultor médico pontual focado apenas no aspecto do doente que motivou o pedido de consulta, para a abordagem e optimização do doente como um todo (6).

Esta partilha de responsabilidade clínica com o envolvimento de duas especialidades em simultâneo no controlo clínico do doente mais complexo tem vantagens já demonstradas em vários estudos publicados desde 2010 e é ainda objecto de interesse em muitas publicações recentes (8-10,12,19,27-30).

Um programa de CG deverá:

1. Permitir resolver os problemas de forma integrada e continuada, com a colaboração no controlo clínico do doente durante o seu internamento e não apenas na resolução do episódio agudo que motiva uma chamada;
2. Definir as responsabilidades dos vários intervenientes sem prejudicar a intervenção do médico do doente nem retirar a sua responsabilidade sobre o mesmo;
3. Contar com o compromisso da gestão e direcção clínica na implementação do mesmo.

Os principais benefícios dos programas de CG são (9,11,38,39,25,31-37):

1. Induzir uma atitude preventiva dos problemas e complicações;
2. Detectar precocemente a existência de problemas;
3. Reduzir o número de transferências para cuidados intensivos;
4. Reduzir a demora média de internamento;
5. Resolver os problemas de forma integrada e continuada (impor a assunção de responsabilidade pelo doente durante o seu internamento e não apenas na resolução do episódio agudo que motivou a chamada).

Para os doentes, para os cirurgiões, para os internistas, para os enfermeiros, para a gestão do hospital e, porventura, para terceiros, poderá haver algumas desvantagens e custos. Os principais inconvenientes dos programas de CG são (10,31,40,41):

1. Eventual sensação negativa de perda de autoridade e autonomia de decisão por parte do cirurgião;
2. Definição dos papéis dos dois médicos nem sempre clara para os doentes e famílias;
3. Doentes em CG serão alvo de maior número de exames não imediatamente necessários, com riscos inerentes e custos financeiros associados;
4. Existe um custo financeiro de implementação pela necessidade de criação de equipa de MI de dimensão adequada para as finalidades equacionadas.

### 1.2.2. Co-morbilidades

Co-morbilidade (Cm) é diferente de multimorbilidade.

Multimorbilidade corresponde à presença de duas ou mais doenças no mesmo indivíduo, sem identificação da doença *index*.

Co-morbilidade refere-se a qualquer outra doença coexistente com a doença *index* que releva para a discussão clínica da doença presente. Corresponde à lista de doenças pregressas relevantes, excluindo a doença *index*, e que podem influenciar o prognóstico, incluindo a lista de medicação corrente (42). Para a definição de Cm

em estudos, é importante incluir na definição o facto de que, uma doença para ser considerada como Cm deverá i) estar presente antes da admissão do doente mas não estar relacionada com o motivo de hospitalização, e, ii) ter influência sobre função de órgão e/ou ter probabilidade de influenciar a mortalidade, a morbilidade, o tratamento ou, a utilização de recursos hospitalares (43,44).

A “carga total” de doença que acompanha um doente na altura da admissão no hospital e durante o internamento, pode ser dividida em quatro conceitos separados (44):

1. A doença índice que motivou a hospitalização i.e. o diagnóstico principal e a sua gravidade;
2. Complicações que resultam do processo de tratamento;
3. Cm não importantes presentes à admissão e que têm no máximo um impacto ligeiro no tratamento, nos resultados ou na utilização de recursos; e
4. Cm importantes presentes à admissão e que não se relacionam directamente com a doença índice mas que aumentam o uso de recursos ou podem influenciar negativamente o resultado.

Há várias razões para se tentarem quantificar as Cm. Em primeiro lugar, nos estudos, é necessário ajustar o efeito das variáveis pelas Cm (pode funcionar como variável de confundimento), para assim aumentar a validade interna do estudo; em segundo lugar, as Cm poderão ser um predictor importante da variável de interesse do estudo; e, em terceiro lugar, a representação abrangente das Cm numa medida objectiva única que inclua as várias Cm concorrentes é uma necessidade imposta por razões de eficiência estatística (45).

Um índice, tal como um *score* de co-morbilidade, reduz todas as doenças coexistentes e a respectiva gravidade a um valor numérico, permitindo a comparação entre doentes. Nos índices, as doenças são quantificadas/ponderadas de forma distinta conforme os níveis de gravidade; nos *scores*, há apenas uma contagem das doenças por enumeração, não se distinguindo as mais graves das menos graves (45). Assim, um *score* de Cm indica a carga global da “bagagem” médica do doente.

Vários autores usam a simples contagem de doenças, para além da doença índice, para estudos de Cm (45,46). O desenvolvimento de uma medida de Cm como é o caso de um índice é influenciada pela população onde é desenvolvida e pela medida do *outcome* usada para a sua construção. As doenças consideradas Cm serão extremamente diferentes conforme a resposta que se pretende medir e assumirão diferentes pesos relativos. Por exemplo, se a mortalidade for a variável de interesse, o peso de uma doença como a osteoartrose será quase nulo; porém, se a variável de interesse for mobilidade, seguramente que a influência será importante (45,47).

No índice de co-morbilidade de Charlson (CCI) (anexos, secção 8.3.1.), que é um índice de Cm extensamente validado e utilizado em vários estudos retrospectivos, já foi possível demonstrar que as ponderações a utilizar seriam outras se a variável de interesse não fosse mortalidade e se a população usada para o seu desenvolvimento fosse outra (48). Também neste índice, como em outros, há diversas Cm que podem ser importantes preditores de resultados se não for a mortalidade a ser medida. Incluem-se, a título de exemplo, algumas doenças neurológicas, as perturbações psiquiátricas, o uso regular de medicação psicotrópica ou de substâncias de abuso como álcool, a obesidade, as coagulopatias e a perda de peso significativa (44).

### 1.2.3. *Failure to Rescue*

*Failure to Rescue*<sup>2</sup> (FTR) é um conceito definido como mortes hospitalares após eventos adversos, o que inclui as complicações pós-operatórias. É calculado pela percentagem de mortes entre os doentes com complicações pós-operatórias (49,50). A comparação do FTR entre hospitais constitui um indicador útil da qualidade dos cuidados pós-operatórios de doentes cirúrgicos em países desenvolvidos (51–54). Num estudo recente a taxa de FTR foi de aproximadamente 3% (55).

---

2 *Failure To Rescue* (definido em nota de rodapé na descrição da tese, pág. 23) é um termo anglo-saxónico que se optou nesta tese por não traduzir.

O reconhecimento precoce e a gestão das complicações pós-operatórias são considerados factores determinantes e responsáveis por variações da mortalidade hospitalar. Sabemos que parece existir uma ligação entre o desenvolvimento de complicações pós-operatórias nos primeiros 30 dias e o resultado a longo prazo (56); e que os doentes que têm complicações e sobrevivem no imediato, sofrem incapacidades funcionais a longo prazo com uma sobrevida menor (21).

O FTR é um conceito que desvia o foco da prevenção do desenvolvimento de complicações para a melhoria do reconhecimento das complicações e dos cuidados prestados no tratamento das mesmas, uma vez estabelecidas. Assim, para além da redução da taxa de complicações pós-operatórias ser determinante para reduzir a mortalidade associada à cirurgia, também o eficaz manejo das complicações e sua detecção precoce devem ser melhorados para se reduzir aquela taxa (57,58). Sabe-se desde há muito que o FTR está associado de forma independente a características do hospital, mais do que a factores dos doentes (59).

Uma única complicação pós-operatória muitas vezes precede o desenvolvimento de múltiplas complicações. Para um doente individual, à medida que o número de complicações aumenta, a probabilidade do FTR aumenta significativamente sendo que o desenvolvimento de uma complicação sentinela é muitas vezes o primeiro aviso de múltiplas eventuais complicações e de FTR (60,61).

Pode então admitir-se que a evicção de complicações pós-operatórias possa reduzir a morbilidade e custos de tratamento, tendo influência nos resultados a longo prazo.

Já foi demonstrado que a taxa de mortalidade pós-operatória varia muito entre hospitais mesmo quando estes têm o mesmo *case-mix* de morbilidade (50). Este mesmo estudo mostra que um em cada seis doentes operados por cirurgia geral ou cirurgia vascular tiveram complicações e que mais de 50% dessas complicações foram graves. Os hospitais com os melhores resultados investem muito na capacidade de efectivamente assistir ao doente uma vez estabelecida a complicação, i.e, investem na dupla de reconhecimento precoce com tratamento efectivo (62,63).

Os níveis de recursos hospitalares envolvidos na taxa de FTR são múltiplos, tais como o rácio enfermeiro/doente, a dimensão do hospital, a presença de intensivistas certificados ou a existência de equipamento tecnologicamente avançado. O resgate bem sucedido de um doente que desenvolve uma complicação pós-operatória repousa, em grande parte, nos sistemas do hospital e no trabalho de equipa. A sequência de eventos após o desenvolvimento de uma complicação pode ser muito diferente consoante existam ou não circuitos clínicos de cuidados (CCC) e sistemas de comunicação eficazes no hospital (62,63).

A melhoria de cuidados com CCC e sistemas de comunicação eficazes está, provavelmente, associada a questões de estrutura e de processos como o número e diferenciação de pessoal médico e de enfermagem, o nível de cuidados da unidade de internamento onde o doente está alocado, etc. (62). No que respeita à segurança do doente, as enfermarias gerais são os cenários onde é mais difícil detectar a deterioração do doente no período pós-operatório. (64). O investimento na reconfiguração de serviços, tendo em conta a estrutura e os processos dos serviços de saúde, será pelo menos tão importante como intervenções específicas de âmbito clínico para a melhoria da qualidade da intervenção cirúrgica (13,63).

A medição de resultados peri-operatórios é na maioria dos países limitada ao registo da mortalidade cirúrgica pós-operatória. O reconhecimento de que, para além da mortalidade, a morbilidade pós-operatória é também um problema importante com impacte na saúde das populações, que preocupa quer os doentes quer os clínicos, deve levar a que os registos dos resultados cirúrgicos comecem a contemplar a medição da morbilidade. A morbilidade após cirurgia *major* é uma consequência muito mais frequente que a morte, tornando-se assim uma medida mais sensível para comparar o desempenho individual, das equipas e dos serviços. Acresce que, também a morbilidade tem um impacte significativo na qualidade de vida e, como tal, é um alvo de melhoria de qualidade (65).

Há inquestionáveis benefícios, quer do ponto de vista institucional, quer na perspectiva do doente, em conseguir prever morbilidade e não apenas mortalidade. Do ponto de vista institucional, e atendendo a que um doente com maior



morbilidade é um doente que terá um tempo de internamento mais prolongado e um maior consumo de recursos, a predição da morbilidade permite planear melhor a utilização e alocação destes. Do ponto de vista do doente, a predição da morbilidade permite discussões mais informadas entre os doentes e os clínicos e, como tal, uma melhor capacidade de decisão da pertinência da intervenção cirúrgica.

No entanto, mesmo que a identificação do doente de maior risco de morbilidade fosse feita de forma precisa, esclarecer e implementar uma estratégia óptima de manejo clínico destes doentes continua a ser um desafio.

A investigação destes aspectos tem presentemente uma grande actualidade, atendendo ao foco que os sistemas de cuidados de saúde em todo o mundo estão a colocar em aumentar os esforços de melhoria da qualidade dos cuidados prestados (13) e de segurança dos doentes.

### **1.3. A REALIDADE EM CONTEXTOS CLÍNICO-ORGANIZACIONAIS DIVERSOS**

Em Portugal, a MI tem estado desde sempre no centro da actividade hospitalar. No entanto, o seu posicionamento dentro da estrutura hospitalar, na maioria dos hospitais, ainda necessita de percorrer algum caminho para encontrar o lugar que presta um melhor serviço aos doentes, aos médicos e à gestão do hospital.

Em Portugal, o que acontece na maioria das vezes, é a requisição dos internistas sempre que um problema médico surge na enfermaria de outras especialidades, muitas vezes de cirurgia, havendo assim apoios pontuais prestados pelos médicos que estão escalados de urgência, sem uma observação seriada ou preventiva (8,66). Este modelo de atitude reactiva, à chamada, quase necessariamente tardio por acontecer após o sucedido e ser baseado em tratamento das complicações, tem desvantagens várias entre os quais: 1) não permitir uma atitude preventiva dos problemas e complicações eventualmente com optimização prévia de funções orgânicas; 2) atrasar a percepção da existência de problemas; 3) a resolução dos problemas ser feita de forma pontual e para o efeito; e 4) haver menor definição das responsabilidades dos vários intervenientes.

A colaboração entre duas das especialidades basilares da actividade hospitalar, a MI e a Cirurgia Geral, tem vindo a evoluir ao longo dos anos e, começa a notar-se uma tendência para a MI assistir de forma conjunta os doentes cirúrgicos num modelo pró-activo, de continuidade, precoce e preventivo, i.e., em CG.

Existem alguns serviços hospitalares de MI, em Portugal, que fazem CG de doentes de especialidades cirúrgicas. No entanto, as experiências são escassas e não se encontram resultados publicados. As experiências que existem ao nível dos hospitais da rede pública são sobretudo no Hospital Beatriz Ângelo em Lisboa e no Hospital de Vila Franca de Xira. Nestes hospitais, os doentes operados que são acompanhados pela MI são referenciados pelo cirurgião assistente, caso assim o entenda, ou pelo médico da unidade de recobro caso este aconteça numa unidade de alta vigilância. Os critérios para estes doentes serem seleccionados para CG com a MI não estão estabelecidos e o serviço de CG processa-se com as lacunas semelhantes às existentes no HLL e referidas acima (*vide* preâmbulo). Outros hospitais, já em ambiente privado, têm também serviço de CG, mas uma vez mais a organização é como a descrita para o HLL.

Há algumas outras experiências em hospitais da rede pública (como são exemplos o Hospital São Francisco Xavier, o Hospital Beatriz Ângelo e o Hospital Pedro Hispano), em que alguns serviços de ortopedia têm internistas dedicados a esse serviço e que fazem a CG dos doentes aí internados. Estas experiências correspondem a serviços/unidades que se denominam de orto-geriatria, onde é partilhada a assistência entre a MI e a ortopedia a todos os doentes com 65 ou mais anos com fractura da extremidade proximal do fémur (não patológica), não havendo decisão de quais os doentes seleccionados para CG. Os resultados destes modelos de prestação de cuidados não estão ainda disponíveis na literatura.

Nos EUA, a organização dos cuidados hospitalares transformou-se muito nos últimos cinco anos do século passado e na 1.<sup>a</sup> década do século XXI. O modelo tradicional em vigor era o de os doentes internados serem medicamente assistidos pelos especialistas que os seguiam em ambulatório e que se deslocavam diariamente ao hospital para observar o doente que tinham internado. Este modelo foi de forma progressiva

suplantado por um modelo no qual um médico generalista de base hospitalar, denominado hospitalista, assume o papel de responsável pelo doente.

Os hospitalistas Americanos são médicos generalistas de doentes internados, que são responsáveis pela gestão clínica dos doentes hospitalizados durante toda a sua estadia hospitalar, da mesma forma que os clínicos gerais são responsáveis pelo seguimento dos doentes em ambulatório (67). Eles actuam não só na enfermaria de Medicina mas também nas Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) ou Unidades de Cuidados intermédios (UCint) e, em serviços cirúrgicos, nestes casos partilhando a responsabilidade clínica do doente com os cirurgiões, sendo este o modelo conhecido nos EUA como CG (68–70).

Estudos já efectuados mostraram que o regime com a intervenção dos hospitalistas diminui significativamente a demora média de internamento e os custos, sem afectar negativamente a qualidade e a satisfação do doente (10,32,71,72). Hoje em dia, cerca de 70% dos hospitais empregam hospitalistas (7,68,73) e, entre 2001 e 2006, a CG de doentes cirúrgicos por médicos hospitalistas cresceu 11% nos EUA (19). Esta figura organizativa de responsabilidade partilhada/CG vingou em particular nos serviços de especialidades cirúrgicas, havendo já inúmeras experiências com resultados benéficos provados e publicados em serviços cirúrgicos de doentes complexos (9,11,19) e em várias subespecialidades cirúrgicas em particular na ortopedia (12,36,37,74–77), na cirurgia vascular (8), na neurocirurgia (10,78) e, mais recentemente, na área de cirurgia colorectal (CCR) (20,29,79,80). Em todas estas experiências organizativas há hospitalistas destacados nas unidades/serviços das especialidades e os doentes são todos observados por eles.

Esta evolução da organização hospitalar nos EUA tem produzido, para além da publicação de resultados citados acima, o desenvolvimento da regulamentação necessária para acomodar esta figura de assistência aos doentes. Esta regulamentação envolve a criação de acordos entre os serviços envolvidos com a participação da gestão hospitalar e das direcções clínicas, tendo por objectivo criar condições óptimas para o funcionamento dos serviços de CG e a definição objectiva dos papéis de cada um dos intervenientes (41).

No Reino Unido, no modelo tradicional, os doentes admitidos no hospital são referenciados pelo seu médico de ambulatório para serem seguidos por subespecialistas ou para serem admitidos pelo serviço de urgência (81,82), sendo depois colocados na enfermaria considerada mais adequada para tratar do principal problema. No entanto, dada a prevalência crescente de multimorbilidade e o facto de muitas vezes as enfermarias estarem com a sua lotação completa, a colocação de doentes em enfermarias menos habilitadas tornou-se um problema. Mesmo quando os doentes eram colocados nas enfermarias “certas”, a existência de múltiplas co-morbilidades (Cm) requeria frequentemente outras habilitações médicas ou de enfermagem, com provável compromisso da qualidade e eficiência de cuidados (81). Deu-se então a evolução para um modelo em que a medicina de doentes agudos assumiu uma figura diferente. Hoje em dia, os doentes agudos são admitidos em unidades nas quais os médicos que os assistem são designados por “médicos de doentes agudos” e obtêm a colaboração de especialidades conforme as necessidades. Na sequência da admissão nestas unidades, consideradas de alta vigilância, o doente que não tem alta para o domicílio até às 48h (cerca de 50% dos doentes), é então transferido para a enfermaria da subespecialidade considerada mais adequada (83,84), mas uma vez mais nem sempre a “certa”.

No resto da Europa, a Espanha é talvez o país que tem desenvolvido um modelo de CG mais semelhante ao dos EUA. Chamam-lhe “responsabilidade partilhada” mas, ao invés dos EUA onde o hospitalista faz a CG, em Espanha são os internistas. Estão já publicadas diversas experiências neste contexto nas áreas de ortopedia (12), cirurgia geral (85), ginecologia (86) e otorrinolaringologia (87), com bons resultados sobretudo no que respeita à diminuição da demora média de internamento e custos do mesmo.

Muito recentemente, já em Março 2019, a Federação Europeia de Medicina Interna, através do seu grupo de trabalho para assuntos profissionais e qualidade de cuidados (*Working Group on Professional Issues and Quality of Care of the European Federation of Internal Medicine*), no qual Portugal participa, apresentou uma posição oficial para a implementação da estratégia de inclusão dos internistas europeus nos modelos colaborativos de CG (88). Este facto denota a importância deste tema na gestão de

serviços de saúde em geral, assim como na reinvenção do posicionamento da especialidade de MI dentro dos hospitais, em particular.

Em Portugal, a MI é a especialidade mais bem posicionada para assumir o papel de consultor em CG dentro do hospital, permitindo o controlo mais atempado das doenças médicas do doente cirúrgico e o reconhecimento e tratamento precoces de eventuais complicações que surjam no pós-operatório. Por estes motivos, faz sentido que haja internistas nas unidades cirúrgicas prestando cuidados aos doentes operados medicamente complexos que deles precisem e, sempre que necessário, coordenando o envolvimento dos vários especialistas.

#### **1.4. CONCEPTUALIZAÇÃO DE UM SERVIÇO DE CO-GESTÃO**

Com base no apresentado atrás, pode dizer-se que o desenvolvimento de um serviço de CG implica um esforço de conceptualização e um esforço de implementação, qualquer deles passando por diversas fases.

Do ponto de vista conceptual, torna-se necessário definir o tipo de CG que se pretende oferecer, i.e. se se pretende que existam internistas destacados nos serviços cirúrgicos que desenvolvam o seu trabalho assistencial maioritariamente nesses serviços, ou se, pelo contrário, se pretende que todos os internistas da equipa de medicina acumulem a actividade de CG, mantendo a sua actividade assistencial principal na enfermaria de MI.

Na primeira alternativa, em que os internistas residem na enfermaria de cirurgia, as principais vantagens são: i) estabelecimento de uma relação próxima e privilegiada entre os cirurgiões e os enfermeiros do serviço com o internista, facilitadora do contacto com todos os intervenientes, incluindo com o doente e ii) aquisição de experiência do internista no manejo clínico dos doentes cirúrgicos.

Esta solução tem no entanto algumas desvantagens, como: i) para o internista destacado, a actividade central passa a ser limitadora da sua formação, uma vez que

reduz a prática a uma área médica muito específica e elimina em grande parte o desafio diagnóstico que é o cerne da preparação técnica intelectual do internista, ii) sendo que o internista destacado não está presente 24h x 365 dias no hospital, o tempo de ausência do internista do serviço de cirurgia fica a cargo de uma equipa rotativa que não está treinada para os problemas daqueles doentes e cujo contacto com a equipa de cirurgia é mais difícil, iii) sempre que o internista do serviço cirúrgico está destacado para outras funções assistenciais que lhe competem, como a actividade na consulta externa ou no serviço de urgência, o serviço fica apenas coberto pela urgência e iv) a separação do internista de uma equipa de MI é um risco e a prazo potencialmente nefasta, já que reduz a pressão entre pares e a transmissão de informação, fundamentais para que o internista evolua em termos de conhecimentos e pratique uma assistência clínica actualizada, de qualidade face ao estado da arte e com controlo interno.

Já na segunda alternativa, em que todos os internistas das equipas de medicina são chamados a observar os doentes cirúrgicos que deles necessitam, mantendo a sua actividade assistencial principal na enfermaria de MI, as principais vantagens são: i) todos os elementos da equipa de MI estão envolvidos no tratamento destes doentes e habilitados para o fazer, ganhando a equipa e a instituição flexibilidade, ii) a equipa de urgência de MI assume estes doentes como também seus, e integra-os na sua passagem de turno, discutindo proactivamente a situação clínica na visita clínica de par com os doentes da enfermaria de MI, iii) o internista não é desenraizado da sua “casa”, com a anulação das desvantagens elencadas acima no primeiro esquema.

Existem também desvantagens neste segundo modelo: i) a necessidade de construir uma escala de rotação para assistência aos serviços cirúrgicos e, ii) a necessidade de mais tempo para se estabelecer a proximidade dos internistas com os cirurgiões e enfermeiros do serviço de cirurgia.

Em qualquer dos casos, na fase de implementação é necessário estabelecer-se um acordo entre serviços, no qual é feita a correcta definição do papel dos intervenientes, da relação entre eles e dos critérios de intervenção de cada um, e são construídos protocolos e o CCC.

Este tema do acordo entre serviços é tão importante que, nos EUA, existem documentos de consenso — *White papers* — (41) que definem a lista de verificação para o desenvolvimento de serviços de CG. A lista de verificação elaborada pela *Society of Hospital Medicine* define 11 pontos, de onde se destaca: 1) o envolvimento dos dois serviços intervenientes e da gestão do hospital, 2) a identificação de quem detém a responsabilidade no terreno pela implementação prática do programa (os “*program champions*”), 3) a implementação de reuniões de consenso com estabelecimento de objectivos, 4) o desenvolvimento de um acordo entre os serviços, 5) a definição das métricas a utilizar para avaliação do programa e 6) a explicitação dos modelos de comunicação entre os envolvidos.

Como é claro, a selecção dos doentes apropriados para CG faz também parte desta lista de verificação dos documentos de consenso. Curiosamente, este último aspecto é das questões menos bem exploradas, figurando nestes documentos de consenso apenas linhas gerais de selecção de doentes, acompanhados da listagem geral de algumas Cm que devem ser consideradas na selecção.

### **1.5. SELECÇÃO DE DOENTES PARA CO-GESTÃO**

Estimativas com origem em países desenvolvidos sugerem que as complicações pós-operatórias surgem em 20% dos doentes (50,89) e a mortalidade a curto prazo varia entre 1-4% (14,15,22,23,90–93). A selecção dos doentes que são elegíveis para estarem em CG deve representar um esforço inicial no estabelecimento destes programas. Apesar das diferenças entre instituições e entre países, numa abordagem padrão a maioria dos doentes é avaliada em consulta de anestesia de pré-operatório, é operada e faz o recobro cirúrgico em unidades pós-anestésicas por um período mais ou menos prolongado de algumas horas, sendo então transferido para a enfermaria. Esta abordagem será adequada para muitos doentes, mas é insuficiente para a fracção dos doentes que têm um alto risco de complicações pós-operatórias (e até potencialmente de morte), exigindo portanto cuidados diferentes.

No Reino Unido, foi desenvolvido pelo *National Health Service* um inquérito nacional oficial denominado *National Confidential Enquiry into Patient Outcome and Death* (NCEPOD) que avaliou mais de 4 milhões de procedimentos cirúrgicos, dando origem ao relatório oficial ‘Knowing the risk’ (92). Da informação obtida com este relatório, em conjunto com outros trabalhos com o mesmo objecto (90) verificou-se que o risco individual dos doentes estava muitas vezes mal identificado e que havia uma notória falta de consenso na avaliação do mesmo, responsável pela prestação de cuidados insuficientes para as necessidades reais. Foi identificada uma população dita de “alto risco”, que corresponde a uma proporção de doentes relativamente pequena (12.3%), mas que é responsável pela maior fracção de mortalidade pós-operatória (83.4%) e por tempos de internamento significativamente mais longos. Estes factos realçam a necessidade de, de forma o mais precisa possível, fazermos a identificação dos doentes que estão em maior risco de complicações cirúrgicas e que, como tal, mais beneficiam de estratégias terapêuticas específicas (por exemplo optimização hemodinâmica) ou níveis mais altos de vigilância em unidades de alta vigilância. Paralelamente, é igualmente importante a identificação dos doentes que, por oposição, não necessitam do nível mais alto de vigilância, permitindo assim gerir os recursos, destinando-os a quem de facto com eles beneficia (13,16,64,90,91,94–98).

A triagem dos doentes para diferentes ambientes de cuidados pós-operatórios está a modificar-se, existindo hoje uma grande variedade de alternativas ao sistema dito usual ou tradicional para melhor adequar os cuidados ao risco pós-operatório individual de cada doente (99).

A selecção de doentes para CG é assim essencial para permitir adequar o nível de vigilância no pós-operatório imediato, mas também o nível de vigilância na enfermaria.

A identificação de quais os doentes que têm alto risco de complicações ou morte após procedimentos cirúrgicos é o resultado de uma interacção complexa de vários factores e portanto está repleta de dificuldades.



A revisão do estado da arte no que respeita aos factores e metodologias conducente à selecção de doentes para CG foi orientada para tentar encontrar *scores* ou índices já testados e de fácil aplicabilidade que, isoladamente ou em conjunto, permitissem a selecção. Os diferentes *scores* e índices encontrados foram submetidos a uma análise crítica quanto a i) actualidade e capacidade de serem usados à data de hoje, ii) simplicidade de manejo e de recolha de dados, iii) adequação da variável reposta usada na sua construção, iv) dependência do observador e replicabilidade e v) capacidade de utilização em pré-operatório.

### 1.5.1. Factores a considerar para seleccionar doentes para Co-Gestão

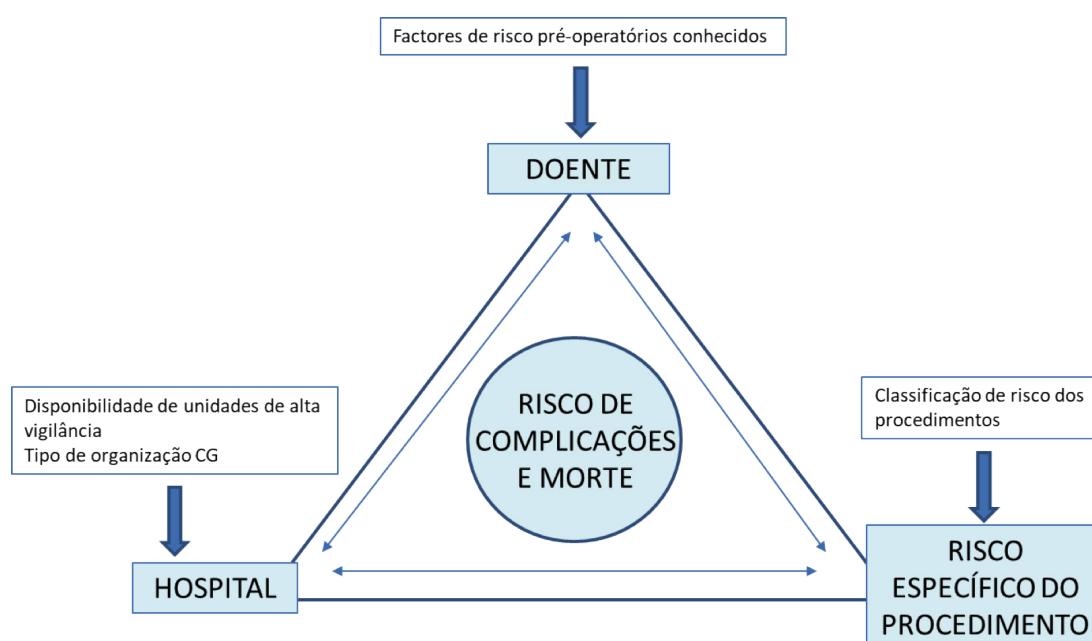
O período peri-operatório envolve várias transições de cuidados que, com a fragmentação e descontinuidade dos mesmos, condiciona um sistema potencialmente frágil, com eventuais consequências especialmente em doentes de alto risco (50,58,62). Qualquer que seja a estrutura que cada hospital escolha para assistir os seus doentes no pós-operatório, as transições de cuidados serão sempre necessárias e a comunicação eficaz é fundamental para permitir segurança nestas transições. As transições precoces entre as unidades de recobro e as enfermarias devem incluir sempre uma passagem de responsabilidade directa e verbal entre pessoal de enfermagem e entre pessoal médico: intervenções que minimizem os riscos de erro humano melhorarão os resultados clínicos, neste contexto. A melhor forma de mitigar este risco consiste em minimizar os riscos inerentes às transições e em identificar os doentes de alto risco sinalizando-os cedo, tornando-os assim mais visíveis.

A triagem dos doentes para o local e tipo de vigilância adequadas no pós-operatório também poderia melhorar o processo e a segurança como um todo. Num contexto de limitação de recursos de cuidados de saúde, a utilização de unidades de alta vigilância (UCI ou UCint) no período pós-operatório, ainda que adequada para muitos doentes, está entre as medidas de cuidados financeiramente mais dispendiosas. Isto introduz duas questões: i) a quem devemos oferecer um cuidado mais especializado, e ii) como devemos fazer esta selecção em sistemas de saúde cada vez mais complexos e sobrelotados (100)?

A evidência mostra que há vários factores que, uma vez controlados, podem melhorar o curso clínico pós-operatório (101), tais como i) o uso por rotina de listas de verificação de segurança, ii) a existência de CCC (102) com estratégias de melhoria de recuperação, das quais as estratégias do programa ERAS (*Enhanced Recovery After Surgery*) são as mais conhecidas (103) e iii) a capacidade de reconhecimento precoce e tratamento das complicações (104).

O risco de complicações e mortalidade no período peri-operatório é multifactorial e depende da interacção entre (Figura 1):

1. Aspectos específicos do doente, incluindo o seu estado de saúde prévio, i.e. factores de risco pré-operatórios conhecidos,
2. Aspectos inerentes ao procedimento cirúrgico, incluindo a existência de eventos intra-operatórios, i.e. factores inerentes ao risco específico do procedimento cirúrgico e
3. Características particulares do hospital onde o procedimento tem lugar.



**FIGURA 1** Esquema representativo do triângulo determinante do risco de complicações cirúrgicas.

#### 1.5.1.1. Factores de risco pré-operatórios conhecidos

Há diversos factores pré-operatórios específicos do doente que influenciam os resultados cirúrgicos e ajudam a distinguir os doentes que poderão ter mais complicações pós-operatórias. Em particular destacam-se: 1) a presença ou ausência de Cm, 2) a idade do doente, 3) a existência de fragilidade e 4) o tipo de terapêuticas crónicas de ambulatório.

A presença de Cm é um preditor bem estabelecido de mortalidade e morbilidade (105–108). As doenças médicas, mais ou menos crónicas que o doente possa ter, bem como a conjugação das mesmas no mesmo indivíduo são aspectos que influenciam a probabilidade de complicações pós-operatórias. A perda da reserva fisiológica deve ser reconhecida como um preditor de vulnerabilidade peri-operatória e é essencial que o conjunto das características do doente seja considerado na avaliação desta vulnerabilidade.

De entre as doenças que classicamente sabemos influenciarem de forma mais significativa os resultados no pós-operatório, contam-se a *Diabetes Mellitus* (DM), as doenças cardíacas (com especial ênfase para a insuficiência cardíaca, a doença das artérias coronárias e as arritmias), a doença hepática crónica, a doença pulmonar obstrutiva crónica, a insuficiência renal crónica e as neoplasias primárias e metastáticas (109,110).

A idade é também um factor que acarreta em si um risco acrescido de complicações no pós-operatório, não só pela existência de maior número de Cm, mas também pela natural fragilidade que, mesmo que insuspeitada, se torna expressa uma vez imposta a agressão cirúrgica. De facto, existe evidência de que a idade é um factor independente para aumentar o número de complicações pós-operatórias (111–113); no entanto, não está contemplada na maioria dos *scores* de risco.

A fragilidade é um aspecto do estado de saúde do doente relacionado com o processo de envelhecimento, no qual há um declínio progressivo da reserva fisiológica de vários sistemas interligados e que resulta numa diminuição da resiliência física, perda da capacidade adaptativa com aumento da vulnerabilidade a eventos

agressores (114). Apesar da existência de várias normas, não há ainda uma definição de fragilidade única aceite. A prevalência da fragilidade é maior nas mulheres e aumenta com a idade, estimando-se que exista em cerca de 10% das pessoas entre os 65 e os 75 anos, e aumentando para 40% acima dos 80 anos (115).

A relevância da fragilidade para o período pós-operatório reside no facto de poder predizer a ocorrência de eventos adversos neste período. Está associada de forma independente ao aumento do número de complicações pós-operatórias, ao aumento do tempo médio de internamento e à maior probabilidade de ter alta para uma instituição de saúde (116–118). É importante avaliar a fragilidade do indivíduo em pré-operatório para predizer os riscos de efeitos adversos pós-operatórios, havendo mesmo recomendações recentes na literatura para que seja efectuada essa avaliação (114).

Há várias escalas de avaliação de fragilidade e as duas abordagens mais usadas são o modelo fenotípico e o modelo de acumulação de *deficit* (119). O modelo fenotípico, que é reconhecido pelo Colégio Americano de Cirurgiões e pela Sociedade Americana de Geriatria, é uma ferramenta potente de prognóstico para quedas, incapacidade, agravamento de mobilidade, hospitalização e morte, mas não considera alterações de cognição nem do humor (avalia a diminuição da força, diminuição da velocidade da marcha, baixa da actividade física, auto-avaliação de cansaço e a perda de peso não intencional). O modelo de acumulação de *deficit* (também conhecido por *Rockwood Frailty Index*) envolve um conjunto predefinido de 70 *deficits* clínicos nos domínios das alterações de humor, cognição, estado funcional e nutrição. Qualquer destas escalas não são utilizáveis na prática clínica diária pois são laboriosas, com muitas variáveis e, portanto, difíceis de usar por rotina em avaliação pré-operatória. Há uma escala mais interessante, a *Clinical Frailty Scale*, que foi desenvolvida para medir a fragilidade em ambiente ambulatorio. Trata-se de uma escala semi-quantitativa, que estratifica o idoso de acordo com o seu grau relativo de vulnerabilidade usando descritores simples (120). A escala dá uma resposta que varia de 1 (robusto e saudável) a 9 (doente terminal), sendo uma ferramenta de utilização bastante mais simples que as anteriores.

Se é tomada a decisão de operar um indivíduo frágil, o CCC peri-operatório desse doente deve ser planeado de acordo com o seu nível de fragilidade, incluindo o risco de complicações. Estes planos deverão incluir uma optimização pré-operatória, a estratégia intra-operatória e monitorização e a decisão do nível de cuidados necessários no pós-operatório (121).

Outra questão a ser considerada é a das terapêuticas crónicas de ambulatório, não só as que são dirigidas a funções orgânicas cruciais para manutenção da homeostasia, mas também as que se dirigem a problemas neurológicos ou à dependência de medicação psicotrópica, nomeadamente ansiolítica ou indutora do sono. Estas medicações, se não forem mantidas no internamento, poderão não ser indispensáveis para o sucesso final do tratamento cirúrgico, mas podem ser indutoras de mal-estar por descompensação da sintomatologia de base que as justificava.

A fragilidade, a idade avançada (> 70 anos) e o abuso de álcool ou de medicação estão entre os vários factores de risco para o desenvolvimento de *delirium* em contexto de pós-operatório (122), tendo recentemente surgido a noção de que o *delirium* pós-operatório possa ser considerado uma complicação cirúrgica, uma vez que parece ser um preditor de resultado cirúrgico adverso (123). Estudos recentes (122,124,125) mostraram que a taxa de doentes que desenvolvem *delirium* em contexto de pós-operatório varia entre 10 e 50% dependendo do tipo de cirurgia. Nesses estudos, a ocorrência de *delirium* após cirurgia estava associado a um aumento significativo do risco de prolongamento do internamento, de alta para uma instituição e de readmissão aos 30 dias, de forma independente de outras complicações cirúrgicas tradicionais, influenciando negativamente a sobrevida aos 6 meses. Assim, estes factores do doente enumerados acima devem também ser considerados dentro dos factores de risco que influenciam o resultado cirúrgico.

Desde há vários anos que se desenvolvem escalas para tentar medir esta vulnerabilidade/risco em fase pré-operatória. De entre elas destaca-se a escala *American Society of Anesthesiologist – Performance Status* (ASA-PS) (anexos, secção 8.3.2.), a qual se tornou um componente padrão da prática anestésica em todo o mundo. É uma escala criada com a intenção de registar a gravidade de doença sistémica do doente

que vai ser anestesiado, mas que evoluiu como uma ferramenta para informação do risco de morbilidade e mortalidade peri-operatória. A escala varia entre 1 e 5 (com grau crescente de risco) baseada na avaliação subjectiva feita pelo anestesista quanto ao estado geral do doente e carga de Cm. As suas principais vantagens são: 1) é simples e rápida de aplicar, estando muito disseminada a sua utilização 2) é utilizável à cabeceira do doente e 3) está bem validada internacionalmente. As suas principais limitações são: 1) tem um baixo poder discriminativo especialmente entre os graus 2 e 3; 2) tem baixa reproductibilidade inter-avaliador por ser muito subjectiva; e 3) tem baixa precisão em cenários de alta mortalidade (111,126,127).

O *Charlson Comorbidity Index* (CCI) é um índice avalia a associação das diferentes Cm à mortalidade por qualquer causa ao fim de 1 ano após uma admissão hospitalar (anexos, secção 8.3.1.) (112). O índice atribui diferentes ponderações às diferentes Cm. As suas principais vantagens são: 1) está bem validado, 2) está amplamente divulgado e 3) tem sido considerado um bom indicador de mortalidade em vários e diferentes cenários. As suas principais limitações são: i) usa 17 itens para classificação com diferentes ponderações, pelo que é muito complexo, ii) não é aplicável à cabeceira do doente ou em ambiente de consulta pré-anestésica e iii) é um índice antigo (criado em 1987), que está desactualizado face ao avanço do conhecimento médico, nomeadamente em relação à contribuição de cada Cm e os pesos atribuídos no índice. Em relação a este último aspecto citam-se como exemplos a ponderação máxima dada à infecção pelo Vírus de Imunodeficiência Humana (VIH) (que hoje em dia quando tratada é já uma doença crónica sem a gravidade que justifique uma ponderação máxima) e a inexistência de pontuação para doentes hipocoagulados, para cardiopatia valvular ou alterações do ritmo cardíaco, que são patologias muito frequentes e que impõem ajustes significativos ao controlo clínico do doente em pós-operatório. Têm sido propostas algumas alterações a este índice (128) em particular na tentativa de o simplificar e de ajustar as ponderações à realidade actual e os resultados estatísticos obtidos são satisfatórios. Nestes trabalhos ficaram retidas 12 variáveis para o índice pois cinco Cm deixaram de estar associadas à mortalidade (enfarte agudo do miocárdio, doença arterial periférica, DM sem complicações crónicas, doença cerebrovascular ou, doença péptica). Das restantes Cm, três aumentaram a sua ponderação (insuficiência cardíaca, demência ou, doença

hepática crónica) e, outras três desceram a sua ponderação (doença VIH, DM com complicações crónicas e, insuficiência renal). Mesmo com estas alterações este índice mantém o seu objectivo que é estimar a mortalidade ao fim de 1 ano após um internamento e mantém a sua complexidade pelo grande número de variáveis com diferentes ponderações.

Mais recentemente foi criada a calculadora de risco cirúrgico da *American College of Surgeons – National Surgery Quality Improvement Program* (ACS-NSQIP) (anexos, secção 8.3.4.) (129,130). É uma ferramenta de apoio à decisão, construída usando dados recolhidos de mais de 1,4 milhões de doentes de 393 hospitais americanos participantes no ACS-NSQIP de 2009 a 2012, e que tem sido actualizada com a introdução de novos doentes na base de dados (presentemente a base de dados conta com dados de 3,8 milhões de procedimentos de 740 hospitais participantes no ACS NSQIP entre 2012 e 2016).

Utiliza-se inserindo-se o código do procedimento e as características dos pacientes (20 características clínicas), sendo que a ferramenta estima a probabilidade dos doentes terem complicações nos 30 dias após a cirurgia. O propósito na construção desta calculadora foi orientar, de forma mais objectiva, a tomada de decisão cirúrgica e o consentimento informado. As suas principais vantagens são: 1) está disponível *online*, 2) usou um número vastíssimo de procedimentos na sua construção, 3) dá a probabilidade em percentagem de 14 possíveis complicações em pós-operatório. No entanto esta ferramenta: 1) não está validada fora dos EUA, nem sequer nos hospitais americanos que não participaram na construção da calculadora (10% dos hospitais dos EUA), 2) usa os códigos de procedimentos dos EUA (CPT – *Current Procedure Terminology*), que são diferentes dos europeus e 3) o processo de introdução das variáveis é trabalhoso e demorado, o que dificulta a sua utilização prática. Por não ser o objectivo usado na sua construção, não está estabelecido qual o nível de risco que deve orientar o nível de vigilância que o doente necessita na fase pós-operatória.

Existem algumas escalas de estratificação de risco específicas de órgão, em particular cardíacas, como o *Revised Cardiac Risk Index* (RCI) (anexos, secção 8.3.3.),

que estratifica o risco de complicações cardíacas em doentes sujeitos a cirurgia não cardíaca (131,132). Estima-se que 1,4-3,9% das cirurgias não-cardíacas são complicadas por um evento cardíaco *major*. No RCI os eventos cardíacos *major* considerados foram: edema agudo do pulmão (por observação da radiografia do tórax em contexto adequado), fibrilhação ventricular, enfarte agudo do miocárdio, bloqueio aurículo-ventricular completo ou paragem cardíaca (133).

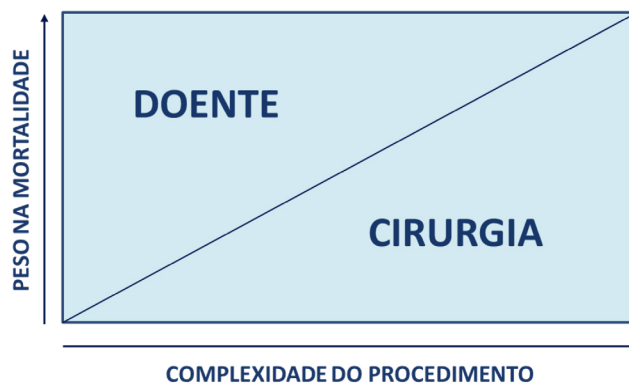
O RCI tem a vantagem de ser um índice simples de utilizar, que usa poucas (seis) variáveis que se consideram aditivamente e não têm ponderações. Tem porém algumas limitações em grande parte pelo facto de ser uma ferramenta antiga: i) o risco cirúrgico intrínseco considerado na sua construção foi uma estratificação de risco cirúrgico que está desactualizada por não considerar a abordagem cirúrgica actual da cirurgia laparoscópica minimamente invasiva (que na altura não era o procedimento usual), ii) valoriza muito a doença das artérias coronárias em detrimento da insuficiência cardíaca, e sabemos hoje em dia que, com a evolução dos cuidados de saúde em que assistimos ao melhor rastreio e controlo da doença coronária de par com a crescente prevalência da insuficiência cardíaca na população geral, a mortalidade pós-operatória dos doentes operados com insuficiência cardíaca é 51% mais alta que nos doentes com doença das artérias coronárias e a probabilidade de readmissão aos 30 dias é 30% mais alta (134). As duas outras limitações deste índice são ter considerado nos eventos cardíacos *major* apenas os eventos determinantes da mortalidade imediata, e a sua inadequação para estimar o risco de mortalidade por causas não cardíacas. De facto, sabe-se hoje que as complicações gastrointestinais, renais pulmonares ou infecciosas justificam uma fracção importante da mortalidade peri-operatória em cirurgia não cardíaca (105,134,135).

#### 1.5.1.2. Factores inerentes ao risco do procedimento cirúrgico

As comparações directas do risco absoluto de mortalidade associado a diferentes tipos de cirurgias são habitualmente perturbadas por factores confundentes, incluindo a idade, o sexo, a condição geral do doente, para além da selecção do tipo de doente. No entanto, sabe-se que a predição dos resultados pós-operatórios melhora se o grau de severidade intrínseco do procedimento cirúrgico for considerado com um peso específico (23).



Classicamente os procedimentos cirúrgicos são classificados quanto à sua complexidade em baixo risco, risco intermédio e alto risco. Numa cirurgia de complexidade de grau intermédio os factores de risco inerentes ao próprio doente predominam sobre os factores inerentes à intervenção, como causa de mortalidade. A Figura 2 representa num gráfico de 2 eixos a forma como os factores do doente e a cirurgia se relacionam na influência que têm sobre a mortalidade. Se um procedimento cirúrgico é de alta complexidade, apesar dos factores inerentes ao próprio doente manterem o seu contributo para determinar a morbi-mortalidade, o risco genérico é dominado pela complexidade do procedimento cirúrgico. Quando procedimentos cirúrgicos difíceis se tornam comuns e a mortalidade operatória cai, os factores de risco genéricos que o doente “leva para a mesa operatória” passam a dominar como os contributivos major para a mortalidade operatória, mas apenas nos extremos (136).



**FIGURA 2** Domínio relativo das características do doente e das características do procedimento na mortalidade.

A duração da cirurgia e a sua urgência são factores que se sabe terem um alto impacto no resultado cirúrgico final. Os procedimentos urgentes estão associados a uma mortalidade e morbilidade bastante mais significativa que os electivos, mesmo quando o risco é ajustado para outros factores concorrentes. O mesmo acontece com a duração da cirurgia que, quanto maior, mais negativo é o impacto no resultado cirúrgico (90,113,137). Há estudos que definem como população de alto risco cirúrgico o grupo de doentes que apresentavam em combinação: 1) idade avançada, 2) presença de Cm, 3) cirurgia de alto risco (definida como taxa de mortalidade prevista > 5%) e 4) cirurgia de emergência (15).

Apesar desta classificação de graus de complexidade cirúrgica/risco do procedimento cirúrgico estar bem definida para as situações mais extremas (de maior e de menor complexidade/risco), a realidade é que estas classificações estão longe de serem consensuais nas situações de risco menos extremo.

Uma definição de risco cirúrgico precisa é importante por diversas razões e propósitos: 1) os cirurgiões podem usar esta informação para a decisão partilhada de cirurgia com doentes e familiares, 2) os investigadores podem usar esta informação para avaliar tendências, *outliers* e sucesso dos tratamentos de complicações pós-operatórias e 3) os hospitais podem usar esta informação para estimar as taxas de mortalidade de procedimentos específicos (138).

Existem várias classificações para o grau de complexidade/risco dos procedimentos cirúrgicos que consideram apenas aspectos inerentes ao procedimento técnico e, nestas classificações, a categorização do grau de complexidade é dada em função de diferentes objectivos.

Na classificação do *National Institute for Health and Care Excellence* (NICE) (139) usada no *European Surgical Outcome Study* (EuSOS) (140) (anexos, secção 8.4.2.) o grau de complexidade é função do risco de mortalidade inerente ao procedimento (calculada pelo que tipicamente demoram em número de horas e no volume de sangue que habitualmente é perdido).

Na classificação adoptada pela Direcção Geral de Saúde Portuguesa (DGS) (anexos, secção 8.4.3.), a mesma seguida pelo *Royal College of Surgeons of England*, e que é a recomendação das linhas orientadoras (*guidelines*) da Sociedade Europeia de Cardiologia, o grau de complexidade é função do risco de acontecer um evento cardíaco major, considerando-se que um procedimento é de alto risco quando o risco de uma evento cardíaco *major* é  $> 5\%$  (141).

Há ainda uma outra classificação de risco cirúrgico mais recente, o “*Modified Johns Hopkins Surgical Criteria*” (142), na qual o grau de invasão dos procedimentos está contemplado, correspondendo para um mesmo procedimento a risco intermédio

quando menos invasivo (por exemplo laparoscópico) e *major* se mais invasivo (por exemplo por via aberta), sendo que acrescenta discriminação entre diferentes procedimentos.

A título de exemplo, e para melhor ilustrar as diferenças entre as diferentes escalas/classificações, usam-se como exemplo as cirurgias do colon e recto sobre as quais este trabalho incide.

Considerando procedimentos cirúrgicos como a hemicolectomia direita, a hemicolectomia esquerda ou a ressecção anterior do recto, na escala de NICE estes procedimentos seriam considerados cirurgias *major*/complexas. No entanto, na escala da DGS, os mesmos procedimentos são cirurgias de grau de risco intermédio, transitando para uma categoria *major* caso sejam efectuados em contexto de urgência. Já na escala de risco cirúrgico “*Modified Johns Hopkins Surgical Criteria*” estes procedimentos seriam de grau II, equivalentes a grau intermédio de risco se efectuados por via laparoscópica, e de grau III, equivalentes a grau *major* se efectuados por laparotomia.

Esta falta de uniformidade na classificação dos graus de risco/complexidade dos diferentes procedimentos cirúrgicos dificulta a comparação dos resultados de diferentes estudos e torna complexa a escolha de qual a escala a utilizar para novos estudos. Acresce que, os *scores* de estratificação de risco já mencionados são também influenciados por estas diferenças, sendo que os seus resultados só são aplicáveis para as classificações usadas na sua construção.

Nenhuma destas escalas até aqui referidas e que são de aplicação pré-operatória, incorporam informação sobre o doente.

Há algumas escalas pré-operatórias que se destacam pelo facto de incorporarem informação sobre o doente para além da informação sobre o procedimento. As duas mais utilizadas são o *Surgical Mortality Probability Model* (S-MPM) e o *Surgical Risk Score* (SRS) (anexos, secções 8.4.1. e 8.4.4.) e, mais recentemente, o *Surgical Outcome Risk Tool* (SORT).

O S-MPM é uma escala recente, criada nos EUA em 2012, a partir de uma base de dados multicêntrica de quase 4000 doentes (143). A escala usa três factores de risco: o *score* ASA-PS, o risco específico da cirurgia (dividindo em alto, médio e baixo risco) e o grau de urgência do procedimento. Consideradas estas variáveis, estima o risco de mortalidade aos 30 dias após cirurgia não-cardíaca. As suas vantagens são: i) tem um alto grau de precisão com uma excelente discriminação, ii) é suficientemente simples para ser usado à cabeceira do doente e iii) o risco cirúrgico é classificado em alto, intermédio ou baixo por uma classificação obtida através da estimativa empírica da mortalidade, após ajuste para o estado ASA-PS e a condição de urgência do doente. Tem como principais limitações: i) não entra em consideração com os acontecimentos intra-operatórios, ii) não considera a idade do doente e iii) as Cm são consideradas de forma muito subjectiva, englobadas no estado ASA.

O *Surgical Risk Score* (144) é um *score* de risco cirúrgico baseado em dados clínicos. Apesar de ser simples, tem várias limitações: 1) usa o grau de urgência cirúrgica do NCEPOD que é uma gradação de urgência cirúrgica utilizada apenas no Reino Unido; 2) usa os graus de risco do procedimento cirúrgico da British United Provident Association (BUPA) que, uma vez mais, não são usados em outros países europeus; 3) o estudo em que foi desenvolvido incluiu um elevado número de doentes com procedimentos de baixo risco (47% da coorte tinha uma mortalidade prevista menor que 0,1%) e verificou-se que a precisão e capacidade preditiva do *score* quando aplicada em doentes com procedimentos de risco intermédio ou alto é francamente menor.

O *Surgical Outcome Risk Tool* (SORT) é uma ferramenta que usa um modelo de seis itens (ASA, urgência da cirurgia, risco cirúrgico, idade > 65 anos, diagnóstico de neoplasia), criado em 2014 no Reino Unido (145) na sequência dos resultados do relatório oficial do *National Health Service* “*Knowing the Risk*” (92). O modelo foi desenhado para prever em fase pré-operatória a probabilidade de morte aos 30 dias no pós-operatório com os objectivos de: i) identificar melhor os doentes de alto risco de morbilidade e mortalidade, ii) esclarecer e documentar os riscos e iii) contribuir para uma discussão informada entre doentes e clínicos sobre os riscos antes

da cirurgia. Esta ferramenta, apesar de ser interessante, tem limitações várias: i) apenas está validada na coorte dos doentes do NECOP (*National Confidential Enquiry into Patient Outcome and Death*), ii) a variável risco cirúrgico corresponde à estratificação da BUPA, que é de uso exclusivo no Reino Unido e iii) distingue o grau de urgência das cirurgias entre cirurgia electiva (programada), cirurgia urgente (se planeada nas próximas horas ou dias após a decisão) e cirurgia emergente (idealmente realizada num período de 24 horas), o que acrescenta mais um grau de liberdade de classificação.

Existe uma variante mais recente do SORT, o SORT-morbidity (146), que considera não a mortalidade como variável de interesse mas sim a morbilidade como uma variável dicotómica da aplicação do *PostOperative Morbidity Survey* (POMS). O *PostOperative Morbidity Survey* (POMS) é um inquérito de morbilidade pós-operatória a curto prazo, que avalia 18 itens respeitantes a 9 órgãos/sistemas e que tem sido amplamente validado (65,147). Foi desenvolvido para identificar as manifestações de morbilidade que prolongam o tempo de internamento. Em vários estudos é sugerido que a morbilidade definida pelo POMS, quando medida depois do quinto dia de internamento, é a que corresponde à medida da verdadeira morbilidade (148,149). O SORT-morbidity é uma ferramenta com uma boa capacidade preditiva, mas tem sobretudo o mérito de medir morbilidade e não mortalidade. Do ponto de vista do doente, o conhecimento da morbilidade prevista para determinada intervenção conduz a discussões mais informadas sobre a decisão partilhada de aceitação da cirurgia. Do ponto de vista do hospital, a maior morbilidade implica um maior uso de recursos e o seu conhecimento pode permitir um planeamento mais preciso destes.

À semelhança das escalas de medição de risco pré-operatório há também vários *scores* de risco para medir o risco de morbilidade e mortalidade incorporando aspectos intra-operatórios, para além dos do doente e que se descrevem de seguida.

De entre estes *scores*, talvez o mais utilizado é a escala de *Portsmouth Physiological and Operative Severity Score for the enumeration of Mortality and morbidity* (P-POSSUM). É um *score* amplamente testado e validado, que tem demonstrado em diferentes

estudos um excelente desempenho (150). É no entanto um *score* complexo em termos matemáticos e de difícil aplicação prática uma vez que: 1) usa 18 variáveis (12 variáveis fisiológicas e 6 variáveis intra-operatórias), sendo a impossibilidade de aplicação à cabeceira do doente uma das suas mais importantes limitações; 2) várias das variáveis só estão disponíveis depois da cirurgia, o que limita o uso em fase pré-operatória; 3) algumas das variáveis são laboratoriais, que nem todos os doentes poderão ter antes da cirurgia; 4) consistentemente sobrestima a mortalidade em procedimentos de baixo risco.

Em 2004 foi feita uma adaptação do *score* P-POSSUM (151) especificamente para a CCR, designado CR-POSSUM (152) e que melhor responde à predição nos doentes sujeitos a procedimentos de CCR. Este *score* usa menos variáveis que o P-POSSUM (10 vs 18), tendo um comportamento preditivo aceitável. Tem como principais limitações: 1) utiliza 10 variáveis, das quais 6 são fisiológicas e 4 são parâmetros operatórios, 2) não pode ser usada em fase pré-operatória, 3) a predição em doentes mais idosos não é satisfatória e 4) está ainda pouco validada.

Existe ainda um *score* que se aplica apenas à saída da sala operatória e que se destaca pela sua simplicidade, o *Surgical Apgar Score* (SAS). Este *score* usa apenas três variáveis intra-operatórias: taquicardia, hipotensão e a estimativa da perda de sangue. Está validado em múltiplas instituições e países e permite identificar quais os doentes que beneficiam de monitorização mais intensiva (153) sendo, como se depreende, usado apenas após a análise do curso da fase intra-operatória.

Um aspecto não menos importante, e que se aplica a todos os *scores* até aqui enumerados, é que os *scores* referidos não consideram na sua avaliação preditiva os programas peri-operatórios mais modernos que incluem várias atitudes pré, intra e pós-operatórias, as quais influenciam o resultado cirúrgico quer em termos de mortalidade quer de morbilidade particularmente a curto prazo (154). É o caso do programa ERAS, que tem origem na Europa, ou o *Enhanced Recovery Pathways*, com origem nos EUA. Ambos os programas são programas estruturados, centrados no doente, e que se materializam numa lista de boas práticas de atitudes ou comportamentos que, empregues de forma consistente, aceleram o processo de

recuperação minimizando o distúrbio fisiológico associado à cirurgia *major*. São hoje considerados uma medida de eficácia em avaliações comparativas de cuidados peri-operatórios entre instituições de saúde (99).

Com a utilização progressiva de técnicas cirúrgicas minimamente invasivas (que reduzem a morbilidade pós-operatória), a translação de estudos de predição baseados em procedimentos abertos para procedimentos minimamente invasivos não é adequada. Todos os modelos de risco citados foram derivados da análise de grandes bases de dados de doentes submetidos a cirurgias abertas com cuidados peri-operatórios padrão. Assim, a verificação de que todos os modelos sobrestimam o risco de morbilidade e mortalidade em doentes submetidos a procedimentos cirúrgicos abdominais *major* tem a óbvia explicação no facto de actualmente a larga maioria dos doentes ser submetida a cirurgia laparoscópica (que proporciona uma redução do insulto fisiológico condicionando uma mortalidade menor que na abordagem por laparotomia (155)) e à aplicação de modernos CCCs peri-operatórios, que são também muito mais protectores (156).

O sistema ideal de estratificação de risco deveria ser simples, fácil de aplicar à cabeceira do doente e preciso. Deve usar variáveis pré-operatórias correntemente colhidas na prática clínica, o mais objectivas possível. Os dados usados pelo *score* devem ser dados correntemente disponíveis e que reflectam quer o estado de saúde do doente quer o risco inerente ao procedimento cirúrgico.

O S-MPM (143), e o SORT (145) são os índices que mais se aproximam destes objectivos.

Da análise destes aspectos do estado da arte relatados nas páginas anteriores, conclui-se que os *scores* disponíveis na literatura ou são modelos muito complexos com muitas variáveis e assim difíceis de implementar na prática; ou são construídos tendo como variável de interesse a mortalidade; ou, ainda, são demasiado antigos e não adaptados ao conhecimento e prática actuais.

1.5.1.3. Características particulares do hospital onde o procedimento tem lugar  
A capacidade de controlo em fase pós-operatório que a instituição pode oferecer ao doente é um factor a ter em conta no resultado do tratamento cirúrgico.

Embora o fornecimento de cuidados peri-operatórios eficazes seja considerado essencial para assegurar o sucesso do tratamento cirúrgico (54), o nível óptimo de cuidados não está ainda bem definido.

Há evidência crescente de que questões relacionadas com a forma como os cuidados são disponibilizados aos doentes, tais como estruturas, processos e forma de utilização de recursos, diferem entre hospitais e têm impacto nos resultados de doentes cirúrgicos (13). O volume e complexidade de cirurgias executadas reflectindo a experiência dos cirurgiões, a disponibilidade de unidades de alta vigilância pós-operatória e de especialistas treinados nestas e, ainda, o tipo e qualidade de vigilância e assistência nas enfermarias, são exemplos disso (16,56,94,96,157,158).

A admissão em UCI é ainda muitas vezes considerada necessária para prevenir complicações potencialmente ameaçadoras para a vida. Sabe-se que os doentes que numa fase inicial do seu pós-operatório vão para a enfermaria e posteriormente (no decurso do período pós-operatório) necessitam de ser transferidos para as UCIs, têm uma mortalidade e uma demora média de estadia hospitalar significativamente mais elevada do que os que vão em pós-operatório imediato para a UCI (15,22).

No entanto, este padrão de cuidados é muito dispendioso e não há evidência a demonstrar a sua necessidade. O valor da admissão de doentes em pós-operatório nas UCIs continua a ser um tema em debate com vários artigos a mostrar que não existem vantagens (98,158). Uma explicação possível para que não haja vantagem em o doente fazer o recobro numa UCI, o que é de certa forma contra-intuitivo, será que os cuidados críticos não estão a ser oferecidos aos doentes em maior risco por falha na identificação dos mesmos reduzindo assim a eficácia do tratamento (14,47,90,94,157).



A admissão por rotina numa UCI pode não estar associada a um benefício claro e por vezes pode mesmo aumentar o tempo de internamento para além dos custos financeiros do internamento (16).

Um factor importante a influenciar o benefício aparente da admissão de doentes nos cuidados intensivos é o incremento de valor de cuidados sobre a enfermaria regular. Historicamente, as UCIs foram criadas para fornecer suporte de órgão em doentes com doenças ameaçadoras de vida, mas muito poucos doentes em pós-operatório imediato necessitam desse nível de cuidados. Dor, hipotermia, compromisso cardio-respiratório ligeiro, desequilíbrios de fluidos e nutrição constituem a maioria dos problemas iniciais dos doentes de alto risco em pós-operatório de cirurgias *major* (159). Estes problemas podem ser tratados eficazmente numa enfermaria, desde que os enfermeiros sejam qualificados e haja acesso rápido a assistência médica sempre que necessário. O suprimento adequado do pessoal de enfermagem das enfermarias cirúrgicas poderá ser mais custo-efectivo em termos de resultados cirúrgicos (menor mortalidade para custos semelhantes), especialmente em doentes de alto risco (64).

Os recursos da UCI são finitos e dispendiosos, pelo que é necessário identificar quem mais beneficia deles e ser criativo na concepção de alternativas à admissão nas UCIs. A utilização de alternativas às UCIs como as Unidades de Cuidados Pós Anestésicos (UCPA), UCInt ou enfermarias especializadas com cuidados de enfermagem reforçados capazes de desempenhar alguma monitorização semelhante às UCIs num ambiente menos intensivo, podem ser melhores alternativas que o modelo tradicional de admissão de doentes após cirurgia *major* nos cuidados intensivos (95). Assim, em hospitais em que a prestação de cuidados na enfermaria é boa ou tenham alternativas como as UCInts, o incremento de benefício conferido pelas UCIs será seguramente reduzido (97).

Os critérios de admissão dos doentes em pós-operatório nas UCIs ou outras unidades de alta vigilância, como as UCInts, não estão tão bem definidos e a admissão é muitas vezes arbitrária e definida por práticas locais ou pela disponibilidade de camas.

A identificação dos doentes em maior risco de morte ou complicações após a cirurgia e a prevenção das mesmas é o maior desafio em cuidados peri-operatórios nas próximas décadas. A investigação no futuro deve focar-se em como a abordagem do doente em peri-operatório deve ser estruturada para fornecer cuidados óptimos com os recursos disponíveis (95).

## 2. DESCRIÇÃO DE CIRCUITOS CLÍNICOS

Os circuitos e actividades dentro de um hospital envolvendo vários tipos de profissionais são muitas vezes complexos e difíceis de descrever, mesmo quando já estabelecidos e rotinados nas equipas. Acontece que, por vezes, os circuitos não são claros e apresentam falhas que só se tornam evidentes quando novos intervenientes são chamados a entrar neles.

O “*Business Process Modeling and Notation*” (BPMN) é uma linguagem de representação gráfica de processos dentro de uma organização, com recurso a diagramas de tipo fluxograma que representam os processos de forma visual e intuitiva (160), constituindo uma forma importante de ganhar conhecimento profundo sobre o funcionamento das organizações (161). Os processos (nesta linguagem designados de *business process*) são o conjunto de tarefas e actividades coordenadas para a execução de um mesmo objectivo.

O modelo conceptual é o modelo descritivo que resulta da contribuição que os diferentes intervenientes fazem com a descrição das suas actividades, inter-relações e limites para a execução de uma mesma actividade.

A linguagem BPMN é muito utilizada na indústria e em gestão de empresas. Tem como principal objectivo melhorar a conduta corporativa, ao otimizar os processos de organização num sistema de vários intervenientes (técnicos de diferentes áreas e gestores), tornando-os perceptíveis e legíveis pelos diferentes leitores e utilizadores. Com esta metodologia conseguem-se otimizar processos, melhorando a sua eficiência em especial quando são dinâmicos e complexos, desenhando os processos com diferentes níveis de detalhe conforme as necessidades (162). Adicionalmente, com estes gráficos, tornam-se explícitos os pontos de risco e fragilidade nos processos organizativos, podendo ser feitas propostas de intervenção para se mitigarem os mesmos.

A descrição dos processos de forma a serem interpretáveis por diferentes interven-  
tores de uma organização num mesmo processo pode aplicar-se também à medi-  
cina e aos prestadores de cuidados médicos.

A falta de controlo em processos de prestação de cuidados médicos é um dos aspec-  
tos importantes contributivos para falhas de segurança dos doentes em geral e  
erros médicos preveníveis em particular. Este é um requisito de melhoria contínua  
de serviços e de certificação de qualidade em prestadores de cuidados de saúde,  
que num mercado competitivo precisam oferecer um serviço mais seguro e efi-  
ciente ao doente (163).

Uma vez que a oferta de cuidados de saúde é cada vez mais integrada, os processos  
de colaboração humana entre profissionais (ex. interações entre diferentes disci-  
plinas ou departamentos médicos/técnicos de saúde) têm importância crescente.  
Os processos de colaboração humana descritos graficamente com o método cen-  
trado na interação entre profissionais tem uma aplicação lata, uma vez que são o  
cerne da maioria dos processos multidisciplinares centrados no doente.

Os CCCs têm como objectivo melhorar os resultados nos doentes e a eficiência  
das organizações, estando focados em processos que requerem uma abordagem de  
participação multidisciplinar (164,165). Sendo que a colaboração multidisciplinar  
é hoje em dia uma necessidade crescente para promover integração, continuidade  
e qualidade de prestação de cuidados, o método de descrição de processos com  
recurso a BPMN é uma forma adequada para enriquecer o conhecimento profundo  
sobre o funcionamento das organizações, tornando a informação mais disponível,  
correcta e clara (166–168).

Existem algumas experiências na utilização da BPMN em prestação de cuida-  
dos médicos nomeadamente na telemedicina, no tratamento do doente crónico,  
do controlo de infecção e em segurança dos doentes em geral (162,169), mas estas  
experiências são ainda escassas, provavelmente pelo facto de:

1. Os processos serem em regra complexos e altamente multidisciplinares, exi-  
gindo partilha em tempo real de actividades, o que os torna difíceis de modelar.

É difícil executar a representação gráfica de um processo que envolva múltiplos profissionais de diferentes departamentos trabalhando em actividades partilhadas com o mesmo objectivo, como acontece nas actividades médicas e cirúrgicas. Nestas situações, os gráficos tornam-se grandes e com muita informação necessária para a sua leitura, devendo ser partidos em várias linhas que repetem a mesma actividade em função do interventor. Este trabalho extra é compensado pela facilidade de compreensão dos diagramas e a possibilidade de reutilização (170).

2. O trabalho diário requerer frequentes reacções, quer a resultados provisórios dos processos diagnósticos, quer a ordens médicas inesperadas, havendo assim um alto *ratio* de mudança do processo ao sabor dos acontecimentos clínicos, o que torna o desenho do processo médico difícil de detalhar (162).
3. A organização tradicional da estrutura de prestação de cuidados pode constituir também um obstáculo na tentativa de desenhar os circuitos. Tradicionalmente nos hospitais, a organização faz-se em unidades ou serviços verticais compostos por indivíduos que partilham a mesma especialidade, em vez de se organizarem em torno do doente, o que dificulta também o desenho dos diagramas (171).

Um exemplo recente da aplicação de modelos BPMN em cuidados de saúde é o caso de estudo de colaboração humana num hospital académico na Holanda, realizado com o objectivo de avaliar um novo modelo de interacção. O processo em estudo é um CCC prestados pela equipa de oncologia de cabeça e pescoço, e ilustra como o método utiliza a modelação BPMN para uma descrição da composição das equipas, das suas interacções, relações e respectivos papéis (161). Um outro exemplo (172) utilizando linguagem BPMN dirigida ao desenho de um CCC, neste caso de doentes de carcinomas do colón e do recto, teve como objectivo a experiência de utilização desta metodologia gráfica e a verificação da adequação deste grafismo para aquele objectivo. Verificou-se que as grandes desvantagens foram, para além do longo tempo de aprendizagem necessário para integração da linguagem, a incapacidade de integração e conexão dos modelos com o sistema informático hospitalar. As vantagens mais tangíveis foram a eficiência uma vez atingida a curva de aprendizagem, a uniformização da linguagem com a possibilidade de adopção

de CCCs desenhados em outras instituições e a interdisciplinaridade que se criou dentro das equipas.

No HLL, a linguagem BPMN foi já usada para desenhar circuitos clínico-administrativos para definir de forma clara os interventores dos mesmos. O objectivo foi identificar os aspectos que eram precisos trabalhar para poder instituir as melhorias necessárias para a obtenção da acreditação pela *Joint Commission International*. Este trabalho foi feito pela Direcção de organização de processos do grupo Luz Saúde com a colaboração da gestão, dos enfermeiros e dos médicos do HLL. Não foi feita nenhuma publicação sobre esta matéria.

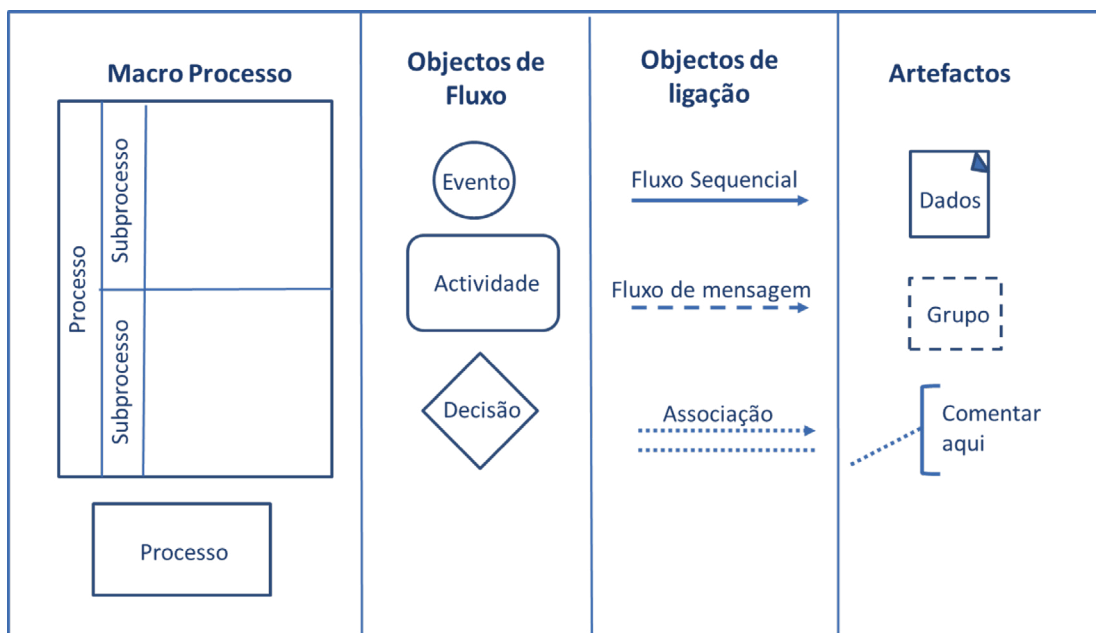
A linguagem BPMN inclui quatro categorias básicas de elementos gráficos:

1. MacroProcessos — são elementos primários usados para estruturar o diagrama e têm 2 tipos de elementos: os processos e os subprocessos.
  - › Processos — representam unidades num processo colaborativo. Exemplo: enfermaria, bloco operatório, sala de recobro, consulta externa ou unidade de cuidados intensivos. Os processos podem estar conectados entre eles e, se forem complexos, podem ser subdivididos em subunidades que são subprocessos. Cada processo tem um participante que é responsável pelas acções que acontecem nele (exemplo: enfermeiros, médicos, serviços administrativos).
  - › Subprocessos — representam subunidades e correspondem a departamentos, tais como anestesia, cirurgia ou medicina interna. São uma subpartição dentro de um processo. Cada subprocesso tem um participante que é responsável pelas acções que acontecem nela. Os subprocessos são usados para organizar e categorizar actividades.
2. Objectos de fluxo — definem o comportamento do processo e são de 3 tipos: eventos, actividades e decisões.
  - › Eventos — é qualquer coisa que acontece durante o curso do processo. Há 3 tipos de eventos: início, intermédio, final.
  - › Actividades — é um termo genérico para o trabalho que é executado no processo, seja na unidade, seja na subunidade. Há 2 tipos de actividades: tarefas e sub-processos (os detalhes dos subprocessos não são visíveis no

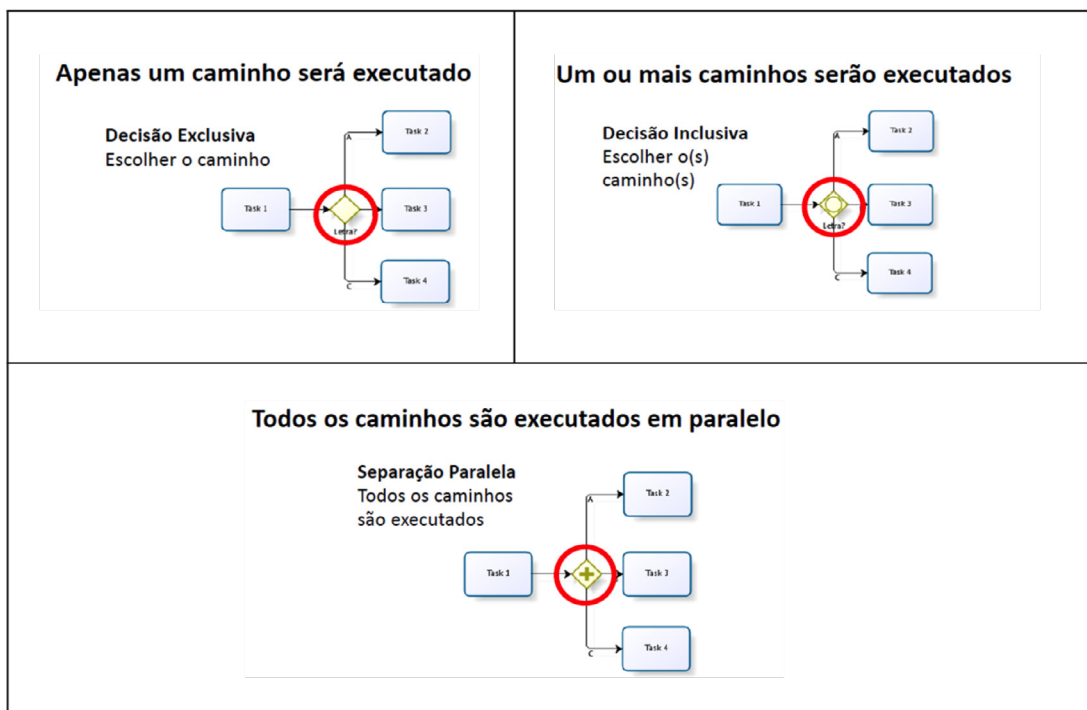
diagrama; um sinal de mais (+) indica que a actividade é um subprocesso e que tem outro nível de detalhe).

- Decisões — são usadas para controlar a divergência ou convergência de sequências de fluxos num processo. Representam decisões e determinam caminhos de divisão, de fusão, de ramificação ou de união.
- 3. Objectos de ligação — colocam os objectos de fluxo em relação uns com os outros.
  - Fluxos de Sequência — indicam a ordem na qual as actividades se seguem no processo.
  - Fluxos de Mensagem — são usados entre processos para modelar a comunicação entre participantes de diferentes processos ou subprocessos.
  - Associações — conectam informação, em regra artefactos ou outros elementos.
- 4. Artefactos — são usados para fornecer informação adicional sobre o processo.
  - Grupo — é um agrupamento de elementos gráficos que estão dentro da mesma categoria e não afecta a sequência de fluxos dentro do grupo.
  - Anotação de texto — fornece informação adicional em texto para o leitor do diagrama.
  - Documentos de dados — fornece informação acerca de quais as actividades que requerem ser executadas e/ou o que produzem.

Os elementos básicos da linguagem BPMN estão ilustrados nas Figura 3, Figura 4 e Figura 5.

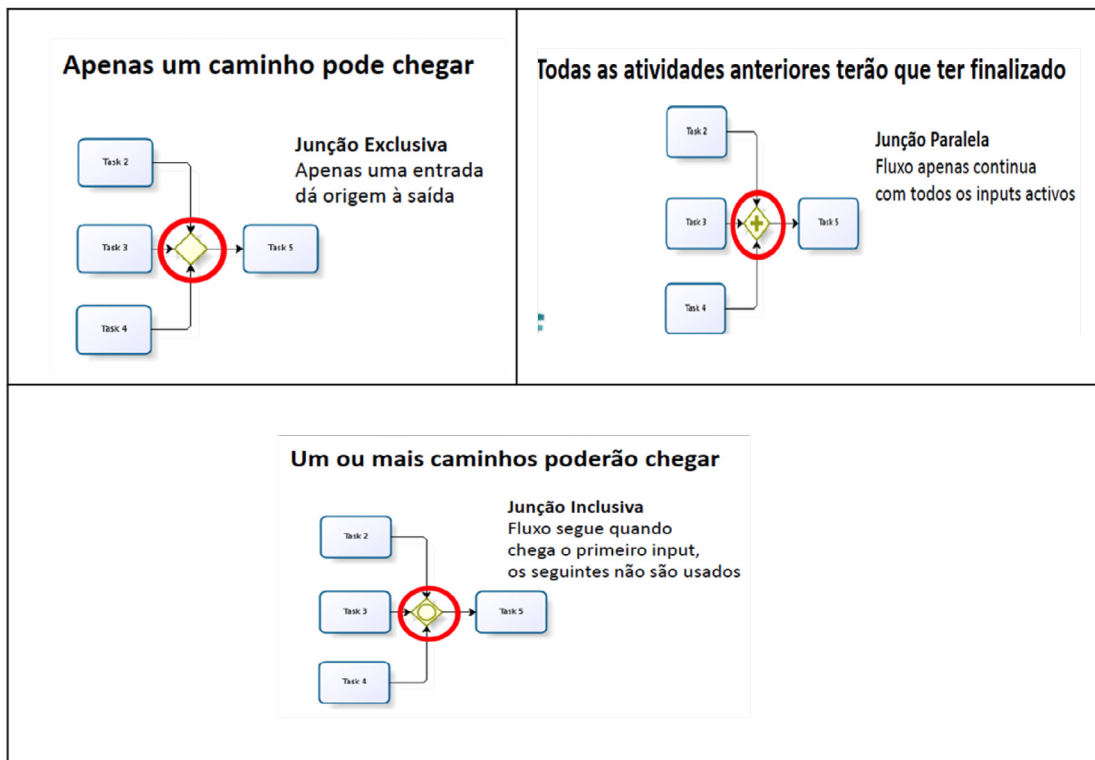


**FIGURA 3** Elementos básicos da linguagem gráfica BPMN.



**FIGURA 4** Explicação dos diferentes tipos de decisões divergentes.





**FIGURA 5** Explicação dos diferentes tipos de decisões convergentes.



PARTE II

# **CONTRIBUIÇÃO PESSOAL**



# 1. FUNDAMENTAÇÃO, QUESTÕES E OBJECTIVOS DE INVESTIGAÇÃO

## 1.1. FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA E CONTEXTO

No que respeita ao desenvolvimento e implementação de um serviço de CG, o problema da selecção dos doentes para CG é talvez o mais difícil de resolver. A solução de, por defeito, os internistas observarem todos os doentes que estão internados no serviço de cirurgia, como acontece em alguns programas de CG (8,12,19,20,29) é seguramente indesejável, uma vez que pode induzir sobre-medicalização do doente e incrementar os custos da hospitalização. Os riscos inerentes ao adicionar complexidade no tratamento do doente devem ser pesados contra os benefícios potenciais (173). Por oposição, deixar apenas ao critério de cada um, médico, enfermeiro, internista ou cirurgião, quais os doentes a observar é um processo com pouca objectividade, não reproduzível e gerador de indefinição, indesejável num projecto colaborativo que deve reunir consenso.

A identificação do doente cirúrgico de alto risco de complicações em pós-operatório é um tema que tem sido objecto de reflexão na literatura recente. Existem várias publicações sobre este tema, com o objectivo de definir quais os doentes que devem no pós-operatório ser dirigidos para unidades de alta vigilância (16,90,158,173,174).

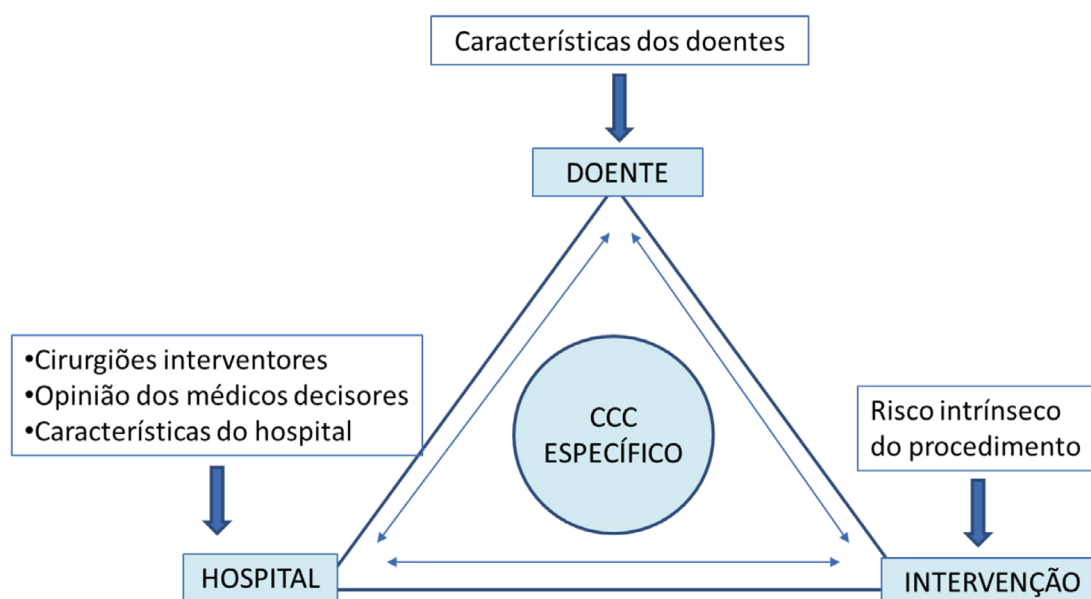
Qualquer que seja o modelo colaborativo escolhido e acordado entre as equipas/serviços envolvidos, é muito importante definir quais os doentes a serem observados. Aplicar a CG de forma racional e baseada em evidência corresponde a desenvolver e implementar um modelo de prestação de cuidados aos doentes cirúrgicos que, de forma ideal, permitiria seleccionar os doentes que dele beneficiam e apenas esses. A boa prática seria identificar os doentes cirúrgicos com maior risco no período pré-operatório e sinalizá-los para, à saída do BO, serem integrados em CG entre

a MI e o cirurgião (27,40,158). Em última análise, poder-se-á simultaneamente servir melhor os doentes, a medicina hospitalar e a comunidade de saúde (40).

O estado da arte mostra as vantagens e desvantagens da CG mas não oferece ferramentas objectivas e facilmente utilizáveis na selecção dos doentes para CG, porque nenhuma tem em simultâneo a actualidade, a facilidade de implementação nem o desenho para a resposta requerida.

Um CCC global e aplicável transversalmente a todas as instituições não pode ser desenvolvido uma vez que as estratégias de CG, como já foi dito, diferem muito entre instituições e países, tal como diferem as classificações dadas ao risco cirúrgico do procedimento.

Assim, o estado da arte não permite desenhar o CCC ideal porque ele é determinado pelo “triângulo doente-intervenção-instituição” (Figura 6) e portanto deve ser customizado para cada triângulo específico.



**FIGURA 6** Esquema representativo do triângulo determinante de um CCC específico.

Desejavelmente, a selecção e sinalização de doentes para CG deveria ser possível em ambiente pré-operatório na altura da avaliação da consulta de anestesia

permitindo que, à saída do recobro, o doente que necessitasse fosse desde logo alocado para CG com a MI. Para além das óbvias vantagens para o doente, também em termos de gestão de recursos físicos esta solução permitira uma previsão do nível de vigilância a alocar para o tratamento do doente. Em termos administrativos poderia haver também ganhos ao ter-se precocemente no processo o conhecimento de que o doente seria assistido por duas equipas (cirurgia e MI) e isto ser reflectido na orçamentação do internamento. Assim, idealmente o doente seria seleccionado ou não para CG em fase pré-operatória na consulta de anestesia e esta decisão eventualmente seria revista à saída do recobro.

## **1.2. QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO**

Questões de investigação:

1. Qual o local no circuito clínico de cuidados onde se devem seleccionar os doentes para co-gestão e quem os deve seleccionar?
2. Quais os critérios que devem ser usados para seleccionar os doentes para co-gestão?

## **1.3. OBJECTIVOS**

Para a prestação de um serviço de co-gestão é necessário haver uma correcta identificação dos intervenientes médicos e restantes elementos da equipa, e dos participantes da gestão hospitalar, bem como a definição das regras que regem a colaboração entre todos e das métricas que serão usadas para se analisarem os resultados. Tão importante como o referido acima é a identificação dos doentes que devem ser elegíveis para co-gestão, sendo este o aspecto menos bem definido na literatura.

No Hospital da Luz Lisboa a selecção destes doentes é habitualmente feita de forma empírica e não estruturada, baseada na experiência dos médicos séniores, que são habitualmente os decisores.

Esta forma de decisão, ainda que geralmente aceite, representa quase exclusivamente a utilização de conhecimento implícito, i.e, não explicitado nem codificado. Como tal, “construída e residindo” exclusivamente na mente dos decisores, a decisão depende desses mesmos decisores, é vulnerável à mudança e dificilmente transmissível, reproduzível, disseminável ou auditável.

Assim sendo, pretende-se que:

1. O circuito clínico de cuidados seja legível por todos os intervenientes e permita identificar os locais que devem ser objecto de melhoria.
2. O sistema de apoio à decisão de quais os doentes a seleccionar para co-gestão seja simples e use elementos facilmente coligíveis à cabeceira do doente.
3. O sistema de apoio à decisão permita codificar o processo interno de decisão e classifique os doentes em dois grupos: os que devem ser seleccionados para co-gestão; e os que à partida não necessitariam desse suporte médico.

O cenário ideal será determinar na consulta de anestesia a necessidade de o doente ter vigilância por parte da medicina interna e, na fase pós-operatória, uma vez feito o recobro e, caso necessário, reajustar essa decisão.

### 1.3.1. Objectivo geral

O objectivo geral do presente trabalho de investigação foi:

Conceber e estruturar o circuito clínico de cuidados e desenvolver ferramentas de apoio à decisão a utilizar na implementação de um serviço de co-gestão entre a Medicina Interna e a Cirurgia Geral no Hospital da Luz Lisboa.

### 1.3.2. Objectivos específicos

1. Desenhar o circuito do doente de cirurgia colorectal no HLL usando linguagem gráfica *Business Process Modeling and Notation* (BPMN) de forma a clarificar relações entre interventores e identificar:



- a) Lacunas existentes no circuito e que devam ser resolvidas;
  - b) Locais onde, no circuito do doente, se deve tomar a decisão de CG e quem a deve tomar.
2. Através de uma coorte histórica de doentes submetidos a procedimentos cirúrgicos do cólon e recto construir um modelo de apoio à decisão de quais os doentes, com base em características pré-operatórias que, *a priori* (antes da ocorrência de complicações), seriam seleccionados pelo médico responsável para serem objecto de co-gestão pela medicina interna.
  3. Rever o modelo de apoio à decisão obtido no ponto anterior para poder acomodar acontecimentos ocorridos no bloco operatório ou no período das primeiras horas de recobro.
  4. Introduzir a aplicação dos modelos obtidos nos pontos 2. e 3., no circuito do doente de cirurgia colorectal no HLL obtido no ponto 1.



## 2. O ESTUDO

### 2.1. NATUREZA DO ESTUDO

Trata-se de um estudo de caso-controlo aninhado numa coorte histórica (*nested case-control study*).

O período avaliado foi de Janeiro de 2012 a Dezembro 2015 (48 meses) que corresponde a uma primeira fase que respeita aos 33 meses de Janeiro 2012 a Setembro 2014 e uma segunda fase que respeita ao período de Outubro 2014 a Dezembro 2015 (15 meses).

### 2.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO LOCAL ONDE DECORREU O ESTUDO

O estudo foi realizado no HLL.

O HLL é uma instituição hospitalar privada do grupo Luz Saúde, localizado em Lisboa, que iniciou a sua actividade em Dezembro de 2006 com uma abertura faseada e que está em pleno funcionamento desde o início de 2008.

É um hospital polivalente com todas as especialidades médicas e cirúrgicas que dispõe de 208 camas de internamento.

É um pólo de ensino prático em Medicina Interna, Oncologia, Cirurgia Geral, Anatomia Patológica e Pediatria do Mestrado Integrado de Medicina da Faculdade de Ciências Médicas | Nova Medical School da Universidade Nova de Lisboa.

Dispõe de 10 Salas de Operações, uma Unidade de Cuidados Intensivos (UCI) de nível 3 com 8 Camas, uma Unidade de Cuidados Intermédios de nível 2 com 7 Camas, uma Unidade de Cirurgia de Ambulatório, um Bloco de Exames autónomo e um Serviço de Imagiologia com capacidade instalada para efectuar diariamente imagiologia de intervenção.

A equipa de MI tinha na data a que respeitam os dados colhidos 10 especialistas de MI e 4-6 internos de formação específica e, ainda, 10 especialistas em regime de prestação de serviços para cumprir escalas de urgência.

A equipa de cirurgia tinha na data a que respeitam os dados colhidos 9 especialistas residentes e 12 em regime de prestação de serviços para cumprir escalas de urgência.

São realizadas anualmente 2150 cirurgias e destas cerca de 7% são novos casos de CCR.

Não existem no hospital áreas fisicamente diferentes para os doentes adultos internados em função da especialidade responsável. Colocada a indicação de internamento, o doente é internado em qualquer uma das camas disponíveis de um dos pisos de internamentos de adultos. Assim, a regra é, no mesmo piso de internamento, estarem internados doentes médicos e cirúrgicos e a organização da estrutura de cuidados se fazer de forma transversal ao hospital sem silos verticais baseados na especialidade que interna o doente. Exceptuam-se os serviços de obstetrícia, pediatria e cuidados paliativos que têm especificidades próprias e necessitam de características físicas que os individualizam.

Particularmente no HLL, existe uma organização de trabalho na qual a equipa de MI é chamada a observar os doentes cirúrgicos mais complexos qualquer que seja a especialidade cirúrgica que interna o doente. Esta colaboração é pontual, quando o problema do doente fica resolvido naquela altura; ou regular ao longo de todo o internamento do doente quando a situação clínica assim o exige. Nestes casos, a responsabilidade do doente fica então partilhada entre a Medicina Interna e a

especialidade cirúrgica, tratando-se de uma verdadeira CG. No entanto, tal como explicado no preâmbulo não existe ainda:

1. Definição objectiva da selecção de doentes para CG;
2. Um sistema explícito de sinalização dos doentes à MI (quem e quando devem os doentes ser sinalizados para a CG com a MI);
3. Explicitação das regras de responsabilidade partilhada;
4. Esclarecimento da equipa de enfermagem sobre o papel de ambos os médicos;
5. Definição clara, junto das famílias, do papel dos médicos intervenientes.

### 2.3. POPULAÇÃO ALVO

A informação foi recolhida dos Processos Clínicos Electrónicos (PCE) que tinham, no diagnóstico de saída, o código *International Classification of Diseases – 9<sup>th</sup> edition* (ICD-9) de cirurgia CCR: 45.7 (colectomia parcial), 45.8 (colectomia total), 48.5 (ressecção abdomino-perineal), 48.6 (ressecção anterior do recto) e, 46.1 e 48.69 (ressecção de Hartmann).

Uma segunda base de dados do mesmo hospital, com as mesmas variáveis da base de desenvolvimento e seguindo os mesmos critérios de elegibilidade, foi obtida de forma sequencial no tempo para validar externamente o modelo. Estes dados dizem respeito ao período de Outubro 2014 a Dezembro de 2015 (15 meses).

#### Critérios de inclusão:

- › Doentes internados pela cirurgia geral, submetidos a cirurgia do cólon e recto de Janeiro 2012 a Setembro 2014.
- › Doentes com códigos ICD9 de procedimentos referentes à cirurgia do cólon e do recto: 45.7 (colectomia parcial), 45.8 (colectomia total), 48.5 (ressecção abdomino-perineal), 48.6 (ressecção anterior do recto) e, 46.1 e 48.69 (ressecção de Hartmann).
- › Idade  $\geq 18$  anos.

Foram incluídas intervenções urgentes (definida abaixo) e electivas.

Critérios de exclusão:

- › Idade <18 anos.
- › Procedimentos primariamente não colo-rectais.
- › Segundos ou mais procedimentos no mesmo doente no mesmo episódio de internamento ou em episódios de internamento diferentes.

A escolha destes procedimentos cirúrgicos decorreu de se tratarem de procedimentos de risco intermédio ou alto e que como tal poderiam necessitar de CG, por oposição a procedimentos de baixo risco que, à partida, não necessitam de CG. Acresce que, no local onde o estudo é realizado, existe um número suficiente de doentes sujeitos a estes procedimentos para a realização do estudo.

A base de dados combina dados clínicos e administrativos. No que respeita ao risco cirúrgico, foi considerado baixo, intermédio ou alto de acordo com a classificação usada para a construção do S-MPM (143).

## **2.4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.4.1. Definição das Variáveis**

As variáveis foram colhidas por dois médicos do hospital com livre acesso aos PCE dos doentes.

As variáveis foram escolhidas com base na literatura e foi feita uma aferição pela prática do hospital.

Para melhor se aferir se, no hospital onde decorre o estudo, existiria alguma informação adicional que fosse considerada para a selecção dos doentes e que devesse ser considerada numa variável a colher, foram realizadas entrevistas aos médicos que intervêm na selecção de doentes para CG. As entrevistas foram realizadas aos 1) Director da UCI e um médico da UCI; 2) Director do Serviço de Anestesia;

- 3) Responsável do Serviço de Anestesia pela consulta de avaliação pré-anestésica;
- 4) Quatro cirurgiões residentes do hospital.

As perguntas colocadas tiveram como objectivo tentar extrair conhecimento empírico dos médicos decisores quanto aos factores que consideravam para justificar a selecção dos doentes para CG.

Foi elaborado um questionário simples, aplicado com recurso a entrevista, de forma a melhor explicar o pretendido com cada questão. Entendeu-se que não fazia sentido elaborar um questionário formal e validá-lo por técnicas de grupos focais aplicando-o a uma grande grupo de indivíduos, uma vez que os decisores são em número limitado e por isso acessível a ser aplicado numa entrevista. As entrevistas foram feitas de forma individual com cada um dos decisores e depois de explicado o objectivo da aplicação do questionário. No apêndice 7.3.1. coloca-se o questionário que foi aplicado a dois médicos da UCI, dois anestesistas e 4 cirurgiões.

Foi possível concluir das respostas dadas que não havia nenhum critério clínico que não estivesse já descrito na literatura. Foram, no entanto, apontados alguns critérios de ordem logística que se prendem com a hora de encerramento da UCPA que, estando fechada depois das 0h, obriga a que os doentes que terminam a intervenção cirúrgica depois daquela hora, façam obrigatoriamente o recobro numa das unidades de alta vigilância (UCI ou UCint).

As variáveis que se colheram são objectivas e rotineiramente registadas por motivos clínicos nos PCE dos doentes.

Foi recolhida informação referente a:

- a) Características dos doentes,
- b) Características do diagnóstico,
- c) Características específicas do procedimento cirúrgico,
- d) Características do próprio internamento e
- e) Complicações.

Variáveis relacionadas com:

- a) Características dos doentes
  1. Idade
  2. Sexo
  3. Presença de Doença Respiratória Crónica incluindo Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica (DPOC) ou Asma
  4. Presença de Tabagismo Activo
  5. Presença de Doença Cardio-Vascular (CV) incluindo Doença das Artérias Coronárias, Cardiopatia Isquémica não revascularizada ou recentemente revascularizada, Insuficiência Cardíaca, Doença Valvular e Arritmias (referidas nos registos)
  6. Presença de Doença Cerebro-Vascular (DCV)
  7. Presença de Neoplasia (excluindo a doença para a qual o doente estava a ser intervencionado)
  8. Presença de Doença Metastática (mesmo que referente à patologia que estava em tratamento)
  9. Presença de Hipertensão Arterial (HTA) sob tratamento farmacológico
  10. Presença de DM sob tratamento farmacológico
  11. Presença de Insuficiência Renal
  12. Presença de Outras Cm
  13. Variáveis incluídas no CCI e segundo os critérios deste (são 17 variáveis, algumas comuns com as anteriores)
- b) Características do diagnóstico
  1. Diagnóstico Pré-operatório — Neoplasia vs outro
  2. Diagnóstico Pós-operatório — Neoplasia vs outro
  3. Estadio *Tumor Nodes Metastasis* (TNM) pós-operatório caso se trate de uma neoplasia
  4. Existência pré-operatória de Radioterapia ou Quimioterapia
- c) Características do procedimento
  1. Programação (urgente vs electivo)
  2. Tipo de Procedimento Cirúrgico: Ressecção Anterior do Recto (RAR); Cirurgia de Hartmann; Ressecção Abdomino-perineal; Hemicolectomia



- esquerda; Hemicolectomia Direita; Colectomia Total; Outro procedimento com anastomose do cólon
3. Tipo de Abordagem Cirúrgica (Via Laparoscópica vs Não Laparoscópica)
  4. Grau de Risco Cirúrgico — foi utilizada a classificação de risco de procedimentos usada no modelo do S-MPM (anexo 8.4.1.)
  5. Classificação ASA-PS — foi utilizado o *status* ASA-PS (anexo 8.2.2.)
  6. Valor do S-MPM (anexo 8.2.1.)
- d) Características do próprio internamento
1. N.º de dias internamento
  2. Reinternamento nos primeiros 30 dias
  3. Local de recobro — UCPA, UCI ou UCInt
  4. N.º de horas no local de recobro
  5. Existência de Sinalização para CG
  6. Existência de Consultoria pela MI
- e) Complicações durante o internamento
1. Retransferência para UCI/UCInt
  2. Ventilação Mecânica (n.º de horas)
  3. Regresso ao BO
  4. Ocorrência de Infecções Nosocomiais
  5. Ocorrência de Infecções Operatórias Profundas (175)
  6. Ocorrência de Infecções da Corrente Sanguínea
  7. Valor de Hemoglobina pré-operatória, pós operatória e valor mínimo durante o internamento
  8. Transfusão no período pós-operatório
  9. Lesão Renal Aguda (LRA) (anexo 8.2.3.) (176)
  10. Disfunção Múltipla de Órgãos (MOD) (177)
  11. Enfarte Agudo do Miocárdio (EAM)
  12. Outras complicações cardíacas como Arritmias ou Insuficiência Cardíaca
  13. Trombo Embolismo Pulmonar (TEP) ou Trombose Venosa Profunda (TVP)
  14. Acidente Vascular Cerebral/Acidente Isquémico Transitório (AVC/AIT)
  15. Delírio/Estados Confusionais (178)
  16. Problemas do Estoma

17. Existência de Íleus pós-operatório (179)
18. Outras Complicações
19. Existência de Complicação Grave (129)
20. Existência de Qualquer Complicação: qualquer complicação grave (definida acima) ou outra complicação não contemplada na lista de complicações graves
21. Morte

Abaixo apresenta-se a definição considerada de cada uma das variáveis que se recolheram dos PCE dos doentes.

**TABELA I** Definição das variáveis que se recolheram dos PCE dos doentes.

<b>CARACTERÍSTICAS DOS DOENTES</b>	
<b>Idade</b>	Em anos à data de internamento
<b>Sexo</b>	Feminino ou Masculino
<b>Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica (DPOC)</b>	História pessoal de sintomas respiratórios crónicos e persistentes (tosse, expectoração, dispneia) e/ou exposição a factores de risco (tabaco, poeiras e gases inalados) relatados pelo doente com confirmação pela espirometria com teste de broncodilatação
<b>Asma</b>	História pessoal de sintomas de obstrução brônquica relatada pelo doente com confirmação pela espirometria com teste de broncodilatação
<b>Tabagismo Activo</b>	Se registo de hábitos tabágicos mantidos relatados pelo doente
<b>Doença das Artérias Coronárias</b>	História pessoal com sintomas de angor relatada pelo doente e/ou confirmação de doença coronária em coronariografia e/ou angioTC cardíaca
<b>Cardiopatía isquémica não revascularizada ou recentemente revascularizada</b>	História pessoal de doença coronária estável ou síndrome coronário agudo não submetido a procedimento de revascularização (cirurgia ou angioplastia) ou em que esta foi realizada recentemente
<b>Insuficiência Cardíaca</b>	História pessoal de sintomas ou sinais atribuíveis a insuficiência cardíaca e/ou exames/relatório médico confirmando a existência de insuficiência cardíaca
<b>Doença Valvular</b>	Exame físico sugestivo de doença valvular e exames/relatório médico confirmando a existência de doença valvular cardíaca

<b>Arritmias</b>	Exame físico com arritmia e/ou exames/relatório médico confirmando a existência de arritmias
<b>Doença Cerebro-Vascular</b>	História pessoal de acidente vascular cerebral ou AIT
<b>Neoplasia</b>	História pessoal de neoplasia maligna incluindo tumores sólidos e tumores hematológicos e excluindo carcinoma basocelular ou espinocelular da pele
<b>Doença Metastática</b>	História pessoal de neoplasia maligna disseminada regional ou à distância
<b>Hipertensão Arterial sob tratamento farmacológico</b>	História pessoal de hipertensão arterial em tratamento com fármacos
<b>DM sob tratamento farmacológico</b>	História pessoal de DM em tratamento com fármacos
<b>Insuficiência Renal</b>	Definida por valor de creatinina > 1,5mg/dL em análises laboratoriais
<b>Outras Cm (relatadas pelo doente ou familiares e registado no PCE com ou sem exames de confirmação)</b>	Doença vascular periférica Doença de Parkinson Epilepsia Demência Perturbação psiquiátrica incluindo depressão major, psicose e abuso de substâncias psicotrópicas Doença inflamatória intestinal Qualquer hemorragia gastrointestinal Doença péptica Doença hepática crónica Coagulopatia incluindo uso de anticoagulantes Infecções cutâneas ou úlceras Doenças autoimunes sistémicas Vírus de ImunoDeficiência Humana/ Síndrome de ImunoDeficiência Adquirida (VIH/SIDA)
<b>Carga de Cm (Cm-Burden)</b>	0 Significa que o doente não tem Cm 1 Significa que o doente tem 1 Cm 2 Significa que o doente tem 2 Cm 3 Significa que o doente tem 3 Cm 4 Significa que o doente tem 4 Cm 5 Significa que o doente tem 5 ou mais Cm
<b>CARACTERÍSTICAS DO DIAGNÓSTICO</b>	
<b>Diagnóstico Pré-operatório</b>	Neoplasia vs outro
<b>Diagnóstico Pós-operatório</b>	Neoplasia vs outro

<b>Estadio Tumor Nodes Metastasis (TNM) pósoperatório</b>	No caso se tratar de uma neoplasia — dado obtido do PCE
<b>Existência pré-operatória de Radioterapia ou Quimioterapia</b>	No caso se tratar de uma neoplasia — dado obtido do PCE
<b>CARACTERÍSTICAS DO PROCEDIMENTO</b>	
<b>Programação</b>	Urgente vs Electivo — definiu-se como intervenção urgente a que se realizou nas primeiras 24h do internamento sem que estivesse previamente programada
<b>Tipo de Procedimento Cirúrgico</b>	Ressecção Anterior do Recto (RAR) Cirurgia de Hartmann Ressecção Abdomino-perineal Hemicolectomia esquerda Hemicolectomia direita Colectomia total Outro procedimento com anastomose do cólon
<b>Grau de Risco Cirúrgico</b>	Foi utilizada a classificação de risco de procedimentos usada no modelo do S-MPM (anexo 8.4.1.)
<b>Classificação ASA-PS</b>	Status ASA-PS (anexo 8.2.2.) registado no PCE no separador do resumo anestésico do procedimento
<b>Valor do S-MPM</b>	Tabela 1 — anexo 8.2.1. — atribuído o resultado do score após soma das pontuações de cada uma das parcelas (valores registados no processo)
<b>CARACTERÍSTICAS DO PRÓPRIO INTERNAMENTO</b>	
<b>N.º de dias internamento</b>	Utilizada a informação administrativa para o episódio de internamento em causa
<b>Reinternamento nos primeiros 30 dias</b>	Quando o doente foi reinternado nos 30 dias subsequentes à alta (qualquer que tenha sido o motivo ou a especialidade que admitiu o doente)
<b>Local de recobro</b>	UCPA (unidade cuidados pós anestésicos), UCI (unidade de cuidados intensivos), ou UCint (unidade de cuidados intermédios)
<b>N.º de horas no local de recobro</b>	Calculadas administrativamente entre a hora de entrada no local de recobro e a hora de transferência para o destino seguinte.

<b>Existência de Sinalização para CG</b>	Considerada presente quando, à saída do recobro, a equipa de MI é notificada para observar e acompanhar o doente na enfermaria de par com o cirurgião responsável, i.e. se há sinalização para CG (informação registada na Nota de Transferência do recobro no PCE)
<b>Existência de Consultoria pela Medicina Interna</b>	Considerada presente quando a CG de facto se efectua mesmo que não tenha havido sinalização prévia
<b>COMPLICAÇÕES DURANTE O INTERNAMENTO</b>	
<b>Retransferência para UCI/UCInt</b>	Quando o doente operado já admitido na enfermaria é transferido para uma unidade de maior vigilância (UCI ou UCInt). Dado colhido do PCE na área clínica e na área administrativa
<b>Ventilação Mecânica</b>	Em n.º de horas (dado colhido do PCE nos registos da UCI)
<b>Regresso ao BO</b>	Quando o doente operado já em período de recobro volta ao BO para re-intervenção. Dado colhido do PCE na área clínica e na área administrativa
<b>Ocorrência de Infecções Nosocomiais</b>	Foram consideradas infecções nosocomiais, as infecções adquiridas em meio hospitalar, sem evidência de estarem presentes ou em incubação à data da admissão. Para efeitos deste estudo consideram-se: pneumonia, infecção superficial de ferida cirúrgica (se não ultrapassa a aponevrose e excluindo infecções operatórias profundas), infecção de tracto urinário (ITU), flebite superficial em local de punção venosa
<b>Ocorrência de Infecções Operatórias Profundas</b>	Foram consideradas infecções operatórias profundas, as infecções do espaço cirúrgico abaixo da aponevrose dos músculos abdominais e infecção da loca cirúrgica se no espaço anatómico da intervenção cirúrgica (inclui deiscências e abscessos) (175)
<b>Ocorrência de Infecções da Corrente Sanguínea</b>	Foram consideradas infecções da corrente sanguínea as infecções com comprovação de crescimento microbiológico em hemoculturas
<b>Valor de Hemoglobina pré-operatória, pós operatória e valor mínimo durante o internamento</b>	Valores registados no PCE do doente no separador de valores laboratoriais (definida em g/litro)
<b>Transusão no período pós-operatório</b>	Número de unidades de concentrado eritrocitário administrados ao doente (dado recolhido do PCE no separador da terapêutica)

<b>Lesão Renal Aguda</b>	Foi definida Lesão Renal Aguda como uma deterioração da função renal que cumpre os critérios e define respectivos estadios da classificação AKIN (Acute Kidney Injury Network) Tabela 3 – anexo 8.2.3. (176)
<b>Disfunção Múltipla de Órgãos</b>	Definida como “Um síndrome clínico caracterizado pelo desenvolvimento de uma disfunção fisiológica progressiva mas potencialmente reversível em 2 ou mais órgãos ou sistemas, e que é induzido por uma variedade de insultos que têm em comum um síndrome de resposta inflamatória sistémica” (177)
<b>Enfarte Agudo do Miocárdio</b>	Definido como dois de: dor anginosa típica, elevação de enzimas de necrose miocárdica e alterações isquémicas de novo no ECG
<b>Outras complicações cardíacas</b>	Arritmias ou Insuficiência Cardíaca
<b>Trombo Embolismo Pulmonar (TEP) ou Trombose Venosa Profunda (TVP)</b>	Diagnósticos confirmados em exames complementares (respectivamente doppler dos membros inferiores e angioTC de torax ou cintigrafia de ventilação perfusão)
<b>Acidente Vascular Cerebral/ Acidente Isquémico Transitório (AVC/AIT)</b>	Diagnóstico confirmado em exames complementares (TC ou RMN cranio-encefálicas)
<b>Delírio/Estados Confusionais</b>	Definido como sinais ou sintomas de confusão aguda, alteração do estado consciência, agitação ou uso de medidas de contenção física ou de medicação anti-psicótica ou tranquilizante para tratamento (178)
<b>Problemas do Estoma (quando se aplica)</b>	Definido como disfunção do estoma, hemorragia, deiscência do estoma, herniação do estoma ou infecção do estoma
<b>Existência de Íleus pós-operatório</b>	Definido como atraso no funcionamento do tracto gastrointestinal que impossibilitam a alimentação oral e se prolonga para além de 5 dias após uma laparotomia ou 3 dias após uma laparoscopia (179)
<b>Outras Complicações</b>	Qualquer complicação não contemplada na lista anterior
<b>Existência de Complicação Grave</b>	Definida pelo NSQIP como: Morte, PCR, EAM, AVC, Pneumonia, LRA ou lesão renal progressiva, TEP, TVP, regresso ao BO, infecção profunda do local cirúrgico, sepsis, re-intubação traqueal, deiscência sutura (129)
<b>Existência de Qualquer Complicação</b>	Qualquer complicação grave (definida acima) ou outra complicação não contemplada na lista de complicação grave
<b>Morte</b>	Morte do doente durante o episódio de internamento em causa

#### 2.4.1.1. Variáveis do estudo

As variáveis recolhidas que foram utilizadas para o estudo estão apresentadas na Tabela II.

**TABELA II** Variáveis seleccionadas para o estudo.

VARIÁVEIS SELECIONADAS PARA O ESTUDO	1. Idade do doente na admissão (anos)
	2. Urgência da cirurgia (urgente/electiva)
	3. Laparotomia (sim/não)
	4. Tipo de procedimento (ressecção anterior do recto, cirurgia de Hartmann, Hemicolectomia esquerda ou direita, colectomia total, anastomose do colon)
	5. Risco cirúrgico (baixo/intermédio/alto)
	6. Diagnóstico cirúrgico (neoplasia, diverticulite ou outro)
	7. Presença de uma co-morbilidade (Cm) pré-operatória específica
	<ul style="list-style-type: none"> <li>› DPOC</li> <li>› CV (insuficiência cardíaca, doença cardíaca isquémica, doença valvular cardíaca, arritmia)</li> <li>› CVD (Acidente Isquémico Transitório – AIT, Acidente Vascular Cerebral – AVC)</li> <li>› Diagnóstico Neoplasia (outro que não a doença que motiva cirurgia)</li> <li>› Doença Metastática (incluindo da doença activa para o qual o doente está a ser tratado)</li> <li>› HTA sob tratamento</li> <li>› DM sob tratamento farmacológico</li> <li>› Insuficiência Renal (com creatinina <math>\geq 1,5\text{mg/dL}</math>)</li> <li>› Outras Cm (inclui doença vascular periférica, hipocoagulação, epilepsia, Doença de Parkinson, perturbação psiquiátrica <i>major</i> incluindo adicção fármacos psicotrópicos, doença inflamatória intestinal, doença hemorrágica gastrointestinal, doença ulcerosa gástrica, úlceras e infecções de tecidos moles, asma)</li> </ul>
	8. Carga de Cm (Cm-Burden) em que 0 significa que o doente não tem Cm, 1 significa 1 Cm, 2 significa 2 Cm, 3 significa 3 Cm, 4 significa 4 Cm e 5 significa 5 ou mais Cm.
	9. American Society of Anaesthesiologists Physical Status classification system (ASA-PS)
	10. Surgical Mortality Probability Model (S-MPM)

As variáveis categóricas têm código 1 quando uma característica está presente e 0 quando ausente. A variável carga de co-morbilidades, Cm-Burden, tem valor correspondente ao número de comorbilidades presentes.

Em relação à variável risco cirúrgico, depois de analisadas as diferentes escalas existentes na literatura e consideradas as suas vantagens e inconvenientes (conforme detalhado na PARTE I secção 1.5.1.2.), foi difícil decidir qual a escala a utilizar. Para apoiar esta decisão, optou-se por realizar um pequeno questionário informal a 15 cirurgiões experientes de dois hospitais diferentes (do hospital onde decorre o estudo e de um outro hospital do mesmo grupo hospitalar). O objectivo era perceber qual era, na opinião dos Colegas cirurgiões, a classificação de risco dos procedimentos abdominais que tinham sido considerados neste estudo. O questionário (apêndice 7.1.2.) apresentou o problema, com uma redacção que permitia eliminar outros factores confundentes para a decisão da classificação; colocou-se o cenário de um doente sem patologia prévia com 50 anos e pediu-se que classifikassem como baixo, intermédio ou alto risco os diferentes procedimentos cirúrgicos. Neste inquérito verificou-se que, também entre cirurgiões do mesmo local de trabalho nem sempre havia consenso na atribuição de um mesmo risco a diferentes procedimentos. Apesar de não ter sido perfeito, existiu algum consenso na classificação de risco de todos os procedimentos com excepção do procedimento RAR para o qual a opinião dos cirurgiões claramente se dividiu entre risco intermédio e alto risco quando o procedimento fosse por via laparoscópica. Um outro aspecto que reuniu unanimidade é que sempre que o procedimento fosse urgente o risco atribuído eleva-se para o nível acima. Esta classificação de risco encontra a sua semelhança mais marcada na classificação utilizada na construção do *score* S-MPM, motivo pelo qual se decidiu utilizar esta classificação de risco cirúrgico.

A escolha da utilização da importante variável clínica Cm-Burden decorre de não haver disponível na literatura índices ou scores que sejam utilizáveis de forma adequada para o objectivo deste estudo.

Definiu-se Cm (como dito atrás, PARTE I secção 1.2.2.) como doenças coexistentes que o doente leva para a discussão clínica da sua doença presente e que são portanto



diferentes da doença índice que determina a intervenção terapêutica. Para efeitos deste estudo foram consideradas Cm se requeriam tratamento ou estavam associadas com deterioração funcional de órgãos.

Assim, considerou-se a carga de Cm que consiste no número total de Cm para cada doente sendo que as Cm consideradas foram as que elegemos de acordo com a experiência clínica e a literatura. A lista final de Cm consideradas é:

1. Em morbilidade cardiovascular: arritmias, doença valvular cardíaca, doença isquémica cardíaca, insuficiência cardíaca, doença vascular periférica
2. Em morbilidade pulmonar: DPOC e asma
3. Em morbilidade renal: insuficiência renal
4. Em morbilidade endócrina: DM
5. Em morbilidade neuropsiquiátrica: doença cerebrovascular, doença de Parkinson, epilepsia, demência, perturbação psiquiátrica incluindo depressão maior, psicose e abuso de substâncias psicotrópicas
6. Em morbilidade gastrointestinal: doença inflamatória intestinal, hemorragia gastrointestinal, doença péptica, doença hepática crónica
7. Em neoplasia maligna: qualquer neoplasia maligna, seja sólida seja hematológica, excluindo carcinoma basocelular ou espinocelular da pele
8. Outros: HTA, coagulopatia incluindo uso de anticoagulantes, infecções cutâneas ou úlceras, doenças do conectivo, Vírus de ImunoDeficiência Humana/Síndrome de ImunoDeficiência Adquirida (VIH/SIDA)

#### 2.4.1.2. Definição da variável resposta

No que respeita à definição de CG, foi considerado que um doente teve CG sempre que a equipa de MI foi envolvida no tratamento do doente no período pós-operatório.

A variável resposta foi a presença de sinalização do doente para CG tendo sido considerada presente se, à saída do recobro, a equipa de MI foi notificada para colaborar na assistência ao doente.

Considerando a “sinalização para CG” como a variável resposta, o ponto no CCC em que a variável é recolhida foi também objecto de reflexão. Decidiu-se que

a escolha do local de recobro à saída do BO não deveria ser a considerada na decisão de sinalização para CG uma vez que:

1. a decisão do local de recobro está longe de ser uma decisão exclusivamente clínica, havendo condições de natureza logística a influenciá-la, nomeadamente a disponibilidade de vagas nas unidades de alta vigilância (UCI e UCint), as horas a que termina a cirurgia (a unidade de recobro pós-anestésico, onde o recobro dura em principio no máximo 1-2 horas, encerra às 0h),
2. a preferência que alguns cirurgiões ou anestesistas têm pelo local onde os seus doentes fazem o recobro é uma outra questão que influencia a escolha do local de recobro e,

acresce que o que se pretende medir é a necessidade de CG na enfermaria depois do recobro e não qual o local onde fazer o recobro à saída do BO.

Assim, decidiu-se que a decisão de sinalização para CG é aquela que é tomada à saída do recobro antes da transferência para a enfermaria. Este é o local no CCC escolhido já que é a decisão que é determinada exclusivamente por critérios clínicos sem a interferência de condições logísticas. Foi esta a decisão que se chamou “Sinalização para CG” e que constitui a variável resposta do modelo de apoio à decisão.

#### **2.4.2. Comissão de ética**

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética da Faculdade Ciências Médicas, a Comissão de Ética do Hospital (anexo 1 subcapítulo 8.1.) e pela Administração do Hospital. Os doentes não foram directamente estudados mas sim só analisados os dados constantes dos PCE. Os dados uma vez recolhidos foram registados numa base de dados ficando pseudonimizados. A cada procedimento correspondeu um número de ordem, tendo sido a partir de então eliminados os campos que permitiam a identificação do doente. A base de dados contém como dados de identificação do doente apenas a idade e o sexo. Os dados foram colhidos por dois médicos do hospital com livre acesso aos PCE dos doentes, codificados e registados em suporte informático no programa Excel.

### 2.4.3. Cálculo da dimensão da amostra

Considerando a sensibilidade desejada do modelo de 80% e a prevalência de sinalização para CG de 18%, para um nível de significância  $\alpha=0.05$  e um erro de 10%, a dimensão de amostra calculada necessária foi de 341 doentes (180).

### 2.4.4. Desenho gráfico do circuito clínico de cuidados





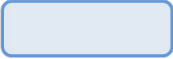






A descrição detalhada e objectiva do circuito do doente proposto para cirurgia no HLL foi considerada necessária para definir o CCC do doente cirúrgico e assim conseguir propor um programa de CG. Este trabalho foi necessário para, de forma segura, identificar quais os locais (no circuito do doente) que deveriam ser melhorados de forma a poder no futuro implementar o serviço de CG e tornar o circuito do doente legível por todos os intervenientes.

Como dito acima, a organização estrutural tradicional da prestação de cuidados é muitas vezes um obstáculo na tentativa de desenhar os circuitos nesta linguagem gráfica, uma vez que a organização tradicional dos hospitais faz-se em unidades ou serviços de organização vertical compostos por indivíduos que partilham a mesma especialidade em vez de se organizarem em torno do doente, o que dificulta também o desenho dos diagramas. No caso do HLL este problema não existe uma vez que a organização do hospital se faz contrariando esta estrutura vertical em favor de uma estrutura transversal (exceptuam-se os serviços com especificidades e necessidades especiais, já referidos).

O nosso objectivo ao modelar o processo hospitalar que envolve o circuito do doente de CCR no HLL foi tornar o processo actual do fluxo do doente (*as-is model*) visível para nossa análise. Uma vez descrito, desenhado e estruturado, conseguimos introduzir nele as modificações necessárias (do ponto de vista da oferta de CG) incluindo as ferramentas de decisão que desenvolvemos, contruindo um novo processo do fluxo do doente que as inclui (*to-be model*).

Construiu-se então um modelo gráfico descritivo em BPMN. Utilizámos a ferramenta Bizagi® (<https://www.bizagi.com>) para modelação de processos e que usa linguagem BPMN 2.0 sendo que todas as figuras publicadas neste trabalho são desenhadas no programa e publicadas no próprio programa em fotografia que se copiou para este documento (PARTE II – secção 2.5.1.).

Na Figura 7, ilustra-se com maior detalhe os símbolos descritos acima mas usando o simbolismo do programa Bizagi®

SÍMBOLO		DESCRIÇÃO
		Início de processo
		Fim de processo
		Processo intermédio
		Actividade
		Decisão paralela
		Decisão inclusiva
		Decisão exclusiva
		Subprocesso (detalhe em outro nível)
		Documentos de dados

**FIGURA 7** Detalhe dos símbolos do programa Bizagi®.

#### 2.4.5. Processamento dos dados e análise estatística

Preparou-se a base de dados com a identificação de erros de registo, normalização dos dados e transformação de algumas variáveis categóricas em variáveis binárias.

Não houve dados em falta.

Foi realizada uma análise exploratória com todas as variáveis.

A idade é descrita como mediana ( $P_{25} - P_{75}$ ) e as variáveis categóricas são apresentadas com frequências e percentagens.

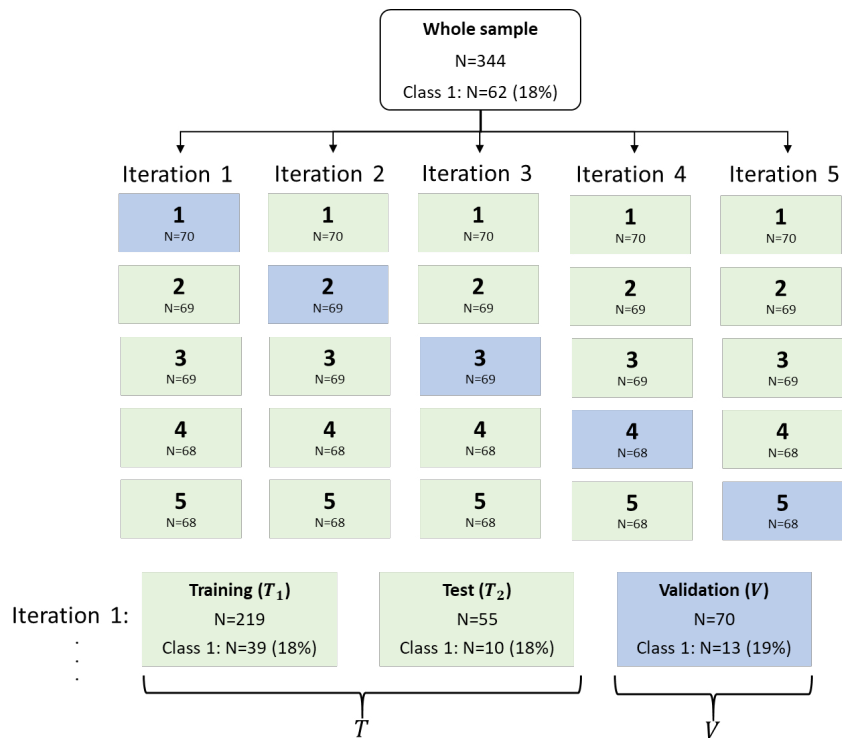
As variáveis ordinais foram dicotomizadas e novas variáveis binárias foram criadas.

#### 2.4.5.1. Modelo das variáveis pré-operatórias

Após a sua preparação, os dados foram avaliados por um algoritmo de classificação e construiu-se um classificador.

Para treinar, testar e validar os modelos toda a base de dados foi dividida em treino ( $T$ ) e validação ( $V$ ) usando validação cruzada de 5 partições (*5-fold cross validation*) conforme ilustrado na Figura 8. No fim da divisão dos dados, o conjunto de treino  $T$  foi ainda dividido em duas partes —  $T_1$  para treino e  $T_2$  para teste, de forma aleatória 10 vezes. Todos os dados foram usados para treinar e validar os modelos; treino e teste são executados em 4 partições e validação na 5.<sup>a</sup> partição. Este processo é repetido 10 vezes, criando resultados de 50 validações.

Os modelos são criados com o conjunto de dados de treino e os parâmetros dos modelos são otimizados com base nos resultados obtidos com o conjunto de dados de teste. Mais concretamente, durante a fase de treino o classificador é treinado com o conjunto de dados de treino e daqui deriva um modelo classificativo que por sua vez é testado com o conjunto de dados de teste que não eram conhecidos do modelo e que é usado para escolher o limiar de classificação (ponto de corte= $\delta$ ). Finalmente, o modelo é usado para classificar um novo conjunto de dados — dados de validação (desconhecidos do modelo treinado) e o desempenho é medido usando o ponto de corte determinado anteriormente. Ao completar 10 partições de treino e teste, um novo modelo é criado com todo o conjunto de treino  $T$  (80% dos dados) e o seu desempenho avaliado num conjunto de validação ( $V$ ) (20% dos dados). Na fase de validação o ponto de corte usado para a classificação corresponde à média dos 10 limiares obtidos nas fases de treino e teste.



**FIGURA 8** Representação esquemática da validação cruzada de 5 partições.

Este processo é repetido 10 vezes, para diferentes conjuntos obtidos por 5 partições. Em cada das 5 partições (5-fold), todos os dados são usados para treinar e validar os modelos, de forma sequencial tal como representado na Figura 8. O desempenho que se reporta no capítulo dos resultados é o obtido da média dos desempenhos de todas as partições de validação.

A selecção de variáveis foi determinada com recurso a dois métodos: empírico e por *Sequential Forward Selection* (SFS). No primeiro caso as variáveis numéricas ( $S_n$ ), sejam discretas sejam contínuas, são separadas das variáveis binárias ( $S_p$ ). No segundo caso um algoritmo de SFS é aplicado (181,182). O algoritmo começa por avaliar cada variável individualmente e selecciona a que dá uma melhor discriminação; depois, as variáveis vão sendo sequencialmente acrescentadas às anteriores e mais uma vez o conjunto de dados que dá a melhor discriminação é seleccionado. Este processo é repetido até que deixe de haver melhoria na discriminação. Neste processo de selecção de variáveis usou-se a AUC como o critério de discriminação pois é uma medida que equilibra a sensibilidade com a especificidade em dados com classes balanceadas.

A selecção automática de variáveis foi investigada, em comparação com a escolha empírica, pois permite relevar associações importantes até então desconhecidas nos dados. A selecção de variáveis por SFS é um método que tem a vantagem de simplificar o processo de selecção, pois permite reter para o modelo menos variáveis que os métodos de *backward selection*, embora seja reconhecido que o método tem limitações, nomeadamente porque este tipo de selecção de variáveis pode “falhar” combinações de variáveis apenas por causa da ordem pela qual as variáveis são adicionadas à primeira e por causa da escolha da primeira variável seleccionada. Apesar desta limitação do método, privilegiou-se a simplicidade que permitiria trazer ao modelo.

Os modelos foram avaliados no que respeita ao seu desempenho preditivo através do gráfico de calibração e desempenho discriminativo usando a AUC, sensibilidade, especificidade, *accuracy* (precisão — percentagem de classificações correctas) e valor preditivo negativo (NPV).

Como o resultado do modelo é um valor contínuo no intervalo entre  $[0, 1]$ , e era pretendida uma classificação binária, escolheu-se o ponto de corte ( $\delta$ ) que maximiza o balanceamento entre sensibilidade e especificidade. A escolha do ponto de corte que balanceia a sensibilidade e especificidade decorre de se pretender ter um equilíbrio entre estas duas medidas uma vez que este ponto de equilíbrio é o que melhor serve o objectivo de seleccionar os doentes que de facto beneficiam de CG, mas apenas esses.

## **Modelação**

### **Modelos Fuzzy**

Com o objectivo de resolver a classificação do problema da CG, começámos por implementar técnicas de regressão logística (RL).

Uma vez que a relação entre variáveis poderia não ser linear, investigámos também modelos não lineares em particular os modelos de inferência *Fuzzy* de tipo *Takagi-Sugeno* (TS).

As técnicas de RL são as mais frequentemente utilizadas. Porém, é frequente encontrar-se a situação em que apenas valores muito baixos ou muito altos conseguem indicar o risco, enquanto valores dentro da média têm um baixo valor preditivo. Na RL uma única regra é inferida para explicar o resultado observado, dividindo o espaço de variáveis em 2 regiões; é portanto uma função característica em que uma determinada observação ou é 0 ou é 1.

Em contraponto do parágrafo anterior, nos modelos *Fuzzy* são consideradas múltiplas regiões que são definidas por algoritmos de *clustering*. São criados vários *clusters* no conjunto total das variáveis e estas assumem distâncias ao centro do *cluster* tendo assim funções de pertença a um ou outro *cluster*; em cada *cluster* é criado um modelo linear local. Assim, os modelos *Fuzzy*, permitem que um mesmo doente pertença a várias regiões do espaço com variados graus de pertença enquanto que a RL atribui o doente a apenas uma região.

Estas técnicas mais complexas têm algumas vantagens sobre as mais clássicas. São modelos transparentes nos quais as regras são interpretáveis, não necessitam de uma distribuição particular da função da variável resposta e, ao permitirem acomodar a incerteza dos dados reais, potencialmente aumentam a sensibilidade do modelo.

Os modelos TS são um tipo particular de modelos *Fuzzy* e baseiam-se em regras construídas pela criação dos vários modelos lineares locais em todo o espaço das características da amostra; neste espaço os antecedentes são preposições *Fuzzy* e os consequentes são funções características dos antecedentes. As regras nos sistemas *Fuzzy* são do tipo “**SE** preposição antecedente **ENTÃO** preposição consequente” e podem ser adquiridas dos dados de treino através do uso de algoritmos de agrupamento dos dados da amostra em grupos locais – *clustering* – ou outras técnicas de inteligência computacional (183), podendo ainda ser criadas baseadas em *expert knowledge*. Em relação aos algoritmos de *clustering* há 2 tipos diferentes de algoritmos que são mais frequentemente empregues: *Fuzzy-c-means* (FCM) (184) e *Possibilistic-c-means* (PCM) (185). A principal diferença entre FCM e PCM é que os algoritmos PCM eliminam o constrangimento de que as funções de pertença para



cada ponto tenham que somar 1 em todos os *clusters* e é assim mais resistente a *outliers* (186,187).

Uma vez que o resultado do modelo é um valor contínuo no intervalo  $[0,1]$ , para se poder ter uma classificação binária, usa-se um limiar  $\delta$  (ponto de corte) para transformar o resultado contínuo num resultado binário. Neste trabalho escolhemos o limiar  $\delta$  que maximiza a sensibilidade, dentro de um intervalo de limiares que dão uma diferença absoluta entre sensibilidade e especificidade abaixo de 0,05.

Há vários trabalhos publicados em que estes modelos foram explorados para aplicações de saúde, para modelar problemas clínicos, tendo sido utilizadas por vários autores para diferentes aplicações médicas com bons resultados e desenvolvimentos interessantes (188–193). Adicionalmente, o conhecimento humano também pode ser incorporado na estrutura (regras criadas baseadas em *expert knowledge*) uma vez que situações que não acontecem com frequência suficiente para serem valorizadas nos dados de treino podem ser manualmente adicionadas ao sistema.

### Modelo Multistage

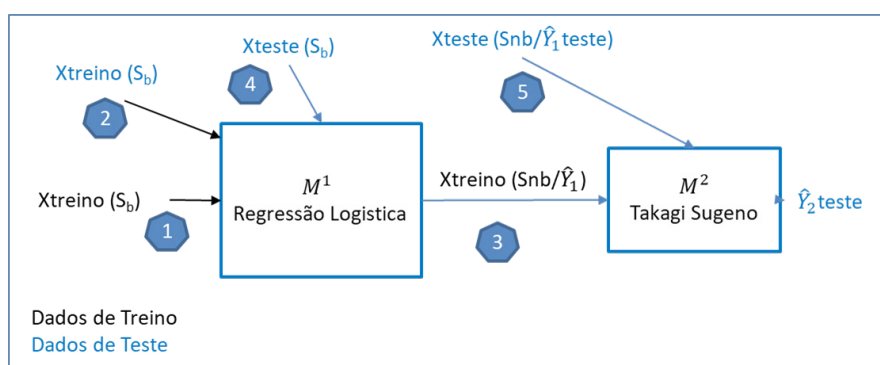
Os algoritmos tradicionais de *clustering* são mais adaptados para dados numéricos, o que pode ser um constrangimento em muitas situações reais onde há muitos dados categóricos (194). Uma forma frequente de lidar com uma mistura de variáveis é substituir as variáveis categóricas por valores numéricos usando diferentes técnicas para tratar as diferentes variáveis.

Uma vez que a base de dados deste trabalho era constituída fundamentalmente por dados categóricos, idealizou-se um esquema de múltiplos estádios (*Multistage = MS*) como uma forma de treinar os modelos *Fuzzy* em que os dados binários seriam primeiro transformados em numéricos.

A hipótese de trabalho colocada foi que a separação das variáveis binárias das não binárias no processo de modelização aumentaria o desempenho em relação a um modelo simples que usasse as variáveis todas, fosse de RL fosse TS.

Criou-se assim o método no qual as variáveis binárias foram separadas das não binárias e usaram-se diferentes técnicas para as trabalhar. Para este trabalho de modelização usaram-se de forma sequencial modelos de RL com os dados binários e de TS com os dados não binários, num esquema MS.

Aplicando a técnica proposta de MS, começou por se utilizar a técnica de RL com as variáveis binárias criando um primeiro modelo = modelo  $M_1$  ( $M_1$ ) e usámos o resultado deste modelo ( $\hat{Y}_1$ ) como uma variável numérica para treinar num segundo estágio um segundo modelo com técnica de sistemas Fuzzy do tipo TS = modelo  $M^2$  ( $M^2$ ), e onde as variáveis não binárias do conjunto de dados se juntam. Assim  $M_1$  foi proposto como uma forma de transformar as variáveis binárias numa variável numérica. A Figura 9 representa o desenho idealizado para a modelização.



**FIGURA 9** Desenho idealizado para a modelação dos dados binários separados dos dados não binários.

$X_{treino}(S_b)$  e  $X_{teste}(S_b)$  representam respectivamente as amostras de treino e as amostras de teste com variáveis binárias.

$M^1$  representa o modelo do 1.º estágio.

$X_{treino}(S_{nb}|\hat{Y}_1)$  representa o conjunto completo de amostra com variáveis não binárias e a informação obtida pelo  $M^1$  usados para treinar o modelo do 2.º estágio ( $M^2$ ).

$\hat{Y}_2$  é o resultado do modelo  $M^2$ .

Aplicámos o mesmo método usando a selecção de variáveis por SFS com o objectivo de identificar o conjunto mais relevante. Durante a SFS os modelos RL e TS são treinados com todos os dados de treino e teste ( $T_1 + T_2$ ). Para o esquema SFS-MS os dados binários são a única informação (*input*) para  $M^1$  e os dados não binários e o resultado de  $M^1$  são a informação para  $M^2$ .

Nestas experiências verificámos que um grande grupo de doentes ficava classificado com um nível baixo de confiança uma vez que a estimativa da probabilidade obtida estava demasiado perto do ponto de corte usado para obter a classificação binária.

### Modelos Multistage com Ensemble

Para solucionar este problema, evoluiu-se para um desenho de modelo no qual no segundo estadio se faz o agrupamento (*ensemble*) de 2 modelos TS. Aos modelos usados em esquema de *ensemble* chamámos  $ME$  sendo que  $ME^1$  é o modelo do 1.º estadio e, os modelos do 2.º estadio são o  $ME_1^2$  e o  $ME_2^2$ . O segundo modelo TS ( $ME_2^2$ ) é aplicado ao conjunto de doentes que no modelo de RL ( $ME^1$ ) têm um baixo nível de confiança na classificação.

Neste esquema  $ME_2^2$  é treinado com um conjunto de amostras que em teoria são mais difíceis de classificar por um modelo de RL único. Assim, a informação (*input*) para  $ME_2^2$  é o conjunto de amostras que em  $ME^1$  dá  $|\hat{Y}_1 - \delta| < 0.2$  (em que  $\delta$  = ponto de corte que dá o melhor equilíbrio entre sensibilidade e especificidade) mas sem o resultado  $\hat{Y}_{E_1}$  a influenciá-lo. O modelo TS  $ME_1^2$  trabalha com as variáveis não binárias e o resultado  $\hat{Y}_{E_1}$  mantém a sua pertinência.

Detalhando a explicação deste conceito de modelização:

1. Um modelo  $ME^1$  é treinado com os objectivos de transformar a informação binária em numérica e dividir os doentes em dois grupos: aqueles que são classificados com um alto nível de confiança e aqueles cuja classificação tem um baixo nível de confiança. O nível de confiança refere-se à medida de o quão perto do limiar  $\delta$  de classificação (ponto de corte) está a observação. O baixo nível de confiança foi empiricamente definido como  $|\hat{Y}_{E_1} - \delta| < 0.2$  (em que  $\hat{Y}_{E_1}$  é o resultado do  $ME^1$  — modelo do primeiro estadio). Este é o primeiro estadio do esquema MS e serve como o passo inicial da construção do modelo final.
2. No segundo estadio, os doentes cujas probabilidades estimadas estavam demasiado perto do ponto de corte, e que pressupostamente seriam classificados com um menor nível de certeza, são usados para treinar o modelo  $ME_2^2$

(e o resultado  $\widehat{YE}_1$  do  $ME^1$  não entra como informação porque em teoria este modelo  $ME^1$  tem um baixo grau de certeza na classificação destes dados). Hipoteticamente, este modelo trabalhando apenas com os doentes “difíceis de classificar”, consegue melhor classificá-los pois não é influenciado por todos os outros doentes. O outro modelo no segundo estadio  $ME_1^2$  é treinado usando todas as observações incluindo as do modelo  $ME_2^2$  e o resultado  $\widehat{YE}_1$  do  $ME^1$ .

Assim, o primeiro estadio dá informação sob a forma de como as observações devem ser divididas no segundo estadio. O segundo estadio engloba dois modelos: um que apenas trabalha com as variáveis não binárias dos doentes que o  $ME^1$  tem dificuldade em classificar =  $ME_2^2$  e um outro que trabalha com as variáveis não binárias de todos os doentes e  $\widehat{YE}_1 = ME_1^2$ .

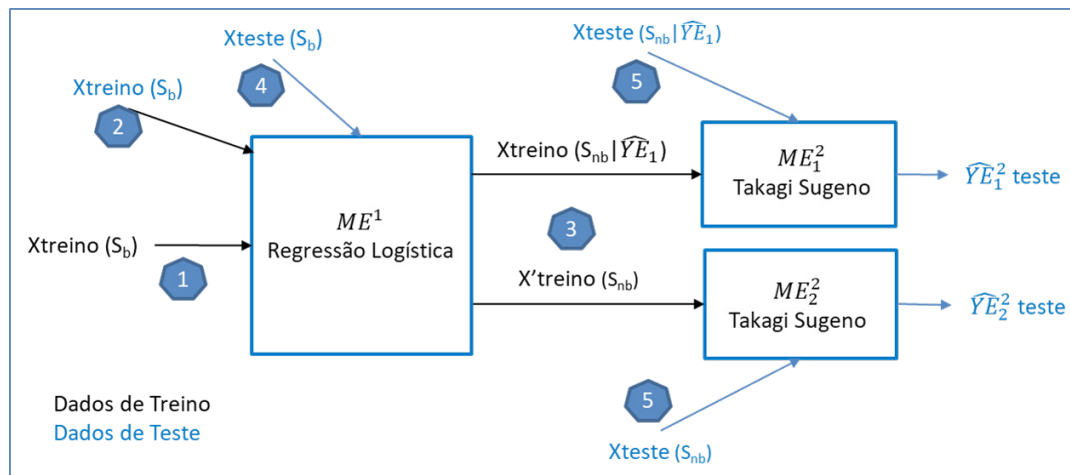
Estas técnicas de *ensemble* que usam regiões do espaço que se sobrepõem, como é o caso dos dois modelos do *ensemble*, são benéficas em casos em que a amostra é pequena.

O resultado final do modelo é dado pela média aritmética dos resultados  $\widehat{YE}_1^2$  e  $\widehat{YE}_2^2$  dos  $ME_1^2$  e do  $ME_2^2$  respectivamente, que é um método frequente de combinar vários classificadores num modelo global (195).

Na Figura 10 apresenta-se de forma detalhada o diagrama do esquema do modelo MSE.

Nesta sequência houve a necessidade de investigar se de facto a transformação das variáveis binárias num 1.º estadio trazia alguma vantagem em relação a usar apenas as variáveis não binárias, num mesmo esquema (2.º cenário descrito abaixo).

Adicionalmente, nesta abordagem em que usámos apenas as variáveis não binárias, investigámos se a vantagem do esquema MSE decorria apenas da forma como os dados são divididos ou se a vantagem do esquema decorre também da qualidade da informação das variáveis. Para esta investigação decidimos não usar o resultado  $\widehat{YE}_1$  do  $ME^1$  (3.º cenário descrito abaixo).



**FIGURA 10** Esquema representativo do modelo *MS* com agrupamento de 2 modelos no 2.º estadio.

$X_{treino}(S_b)$  e  $X_{teste}(S_b)$  representam respectivamente as amostras de treino e as amostras de teste com variáveis binárias.

$ME^1$  representa o modelo do 1.º estadio

$X'_{treino}(S_{nb})$  representa as amostras de treino (com variáveis não binárias) associadas a um baixo grau de confiança em  $ME^1$ , que são usadas para treinar  $ME_2^2$ .

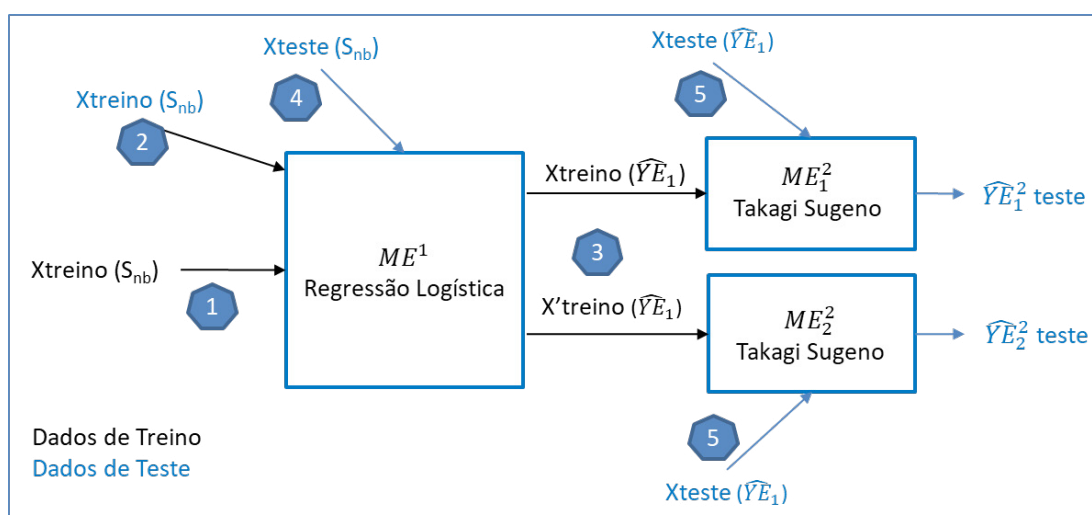
$X_{treino}(S_{nb}|\widehat{Y}_{E1})$  representa o conjunto completo de amostra com variáveis não binárias e a informação obtida pelo modelo de RL usados para treinar  $ME_1^2$ .

$\widehat{Y}_{E1}^2$  e  $\widehat{Y}_{E2}^2$  são os resultados, respectivamente, dos modelos do  $ME_1^2$  e do  $ME_2^2$ .

Das várias simulações feitas para tentar encontrar o modelo que apresentasse o melhor desempenho, 3 cenários distintos foram retidos para análise.

No primeiro cenário, toda a informação disponível foi transportada para o modelo *MS*, onde  $S_b$  contém o conjunto de variáveis binárias usadas para treinar o modelo do primeiro estadio e  $S_{nb}$  contém o conjunto das variáveis não binárias usadas para treinar os modelos do segundo estadio (Figura 10) e corresponde à descrição feita acima. Neste cenário foram também investigadas as variáveis seleccionadas por SFS.

No segundo cenário (Figura 11) apenas as variáveis não binárias são usadas para treinar  $ME^1$  e  $\widehat{Y}_{E1}$  isolado é usado para treinar quer  $ME_1^2$  quer  $ME_2^2$ . Chamou-se a este modelo, modelo RF.



**FIGURA 11** Desenho da modelação no 2.º cenário primeira abordagem (modelo RF).

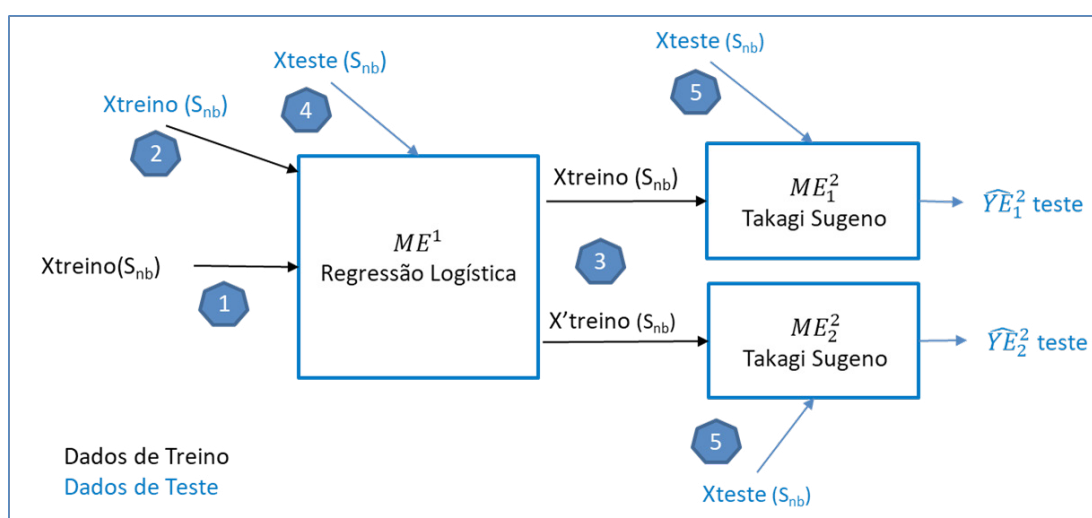
$X_{treino}(S_{nb})$  e  $X_{teste}(S_{nb})$  representam o conjunto completo da amostra (com variáveis não binárias) usados para treinar e testar  $ME^1$ .

$X_{treino}(\widehat{Y}_{E_1})$  representa a informação obtida pelo modelo de RL usado para treinar  $ME_1^2$ .

$X'_{treino}(\widehat{Y}_{E_1})$  representa a informação obtida pelo modelo de RL nas amostras associadas a um baixo grau de confiança em  $ME^1$ , que são usadas para treinar  $ME_2^2$ .

$\widehat{Y}_{E_1}^2$  e  $\widehat{Y}_{E_2}^2$  são os resultados, respectivamente, dos modelos do  $ME_1^2$  e do  $ME_2^2$ .

No terceiro cenário (Figura 12) quer  $ME^1$  quer  $ME^2$  são treinados apenas com variáveis não binárias e  $\widehat{Y}_{E_1}$  não é usado. Chamou-se a este modelo, modelo RSF.



**Figura 12** Desenho da modelação no 3.º cenário segunda abordagem (modelo RSF).

$X_{treino}(S_{nb})$  e  $X_{teste}(S_{nb})$  representam o conjunto completo da amostra (com variáveis não binárias) usado para treinar e testar  $ME^1$  e  $ME_1^2$ .

$X'_{treino}(S_{nb})$  representa as amostras de treino (com variáveis não binárias) associadas a um baixo grau de confiança em  $ME^1$ , que são usadas para treinar  $ME_2^2$ .

$\widehat{Y}_{E_1}^2$  e  $\widehat{Y}_{E_2}^2$  são os resultados, respectivamente, dos modelos do  $ME_1^2$  e do  $ME_2^2$ .

Todos os métodos e resultados foram desenvolvidos e criticamente analisados quer no que respeita à relevância clínica dos achados, mas também em relação à relevância prática de aplicabilidade no cenário hospitalar.

As análises foram implementadas em *MATLAB R2016a*. Em particular, os modelos Fuzzy foram implementados recorrendo à *toolbox “Fuzzy Logic”*.

#### 2.4.5.2. Modelo das variáveis pré e pós-operatórias

As variáveis CMBurden, ASA-PS e S-MPM foram dicotomizadas tendo em atenção o método *Minimum p-value approach*. Nesta abordagem, todos os valores observados da variável são considerados para a determinação do ponto de corte. O valor escolhido é o que melhor separa os resultados da variável resposta de acordo com uma estatística qui-quadrado máxima e um valor  $p$  mínimo (196).

As variáveis foram recodificadas da seguinte forma:

- Cm-Burden em Cm-Burden Bin ( $<3$  e  $\geq 3$ ),
- ASA-PS em ASA-PS Bin ( $<3$  e  $\geq 3$ ) e,
- S-MPM (S-MPM Bin:  $<6$  e  $\geq 6$ ).

O tempo de recobro foi discretizado em  $\leq 24h$  e  $>24h$ , tendo esta discretização sido baseada no resultado da aplicação de um modelo aditivo generalizado (GAM).

Os dados disponíveis foram divididos em dois conjuntos: o conjunto de dados utilizado para o desenvolvimento do modelo com 344 doentes, e o conjunto de dados destinado à validação externa com 168 doentes.

### **Modelação**

Foi feito o ajustamento de modelos de RL com as variáveis seleccionadas com o LASSO (*least absolute shrinkage and selection operator*). Este é um método de análise de regressão também utilizado para fazer a selecção de variáveis conseguindo-se modelos mais simples e parcimoniosos (197).

O desempenho do modelo multivariável foi avaliado no que respeita ao seu poder preditivo através de gráficos de calibração e do *score* de Brier (assume valores no intervalo de 0 a 1 e quanto mais baixo melhor) e quanto ao seu desempenho discriminativo usando a AUC da curva ROC (198). Não se identificaram interações entre variáveis.

O modelo foi depois validado num conjunto de dados externo temporal (obtido na mesma instituição e não utilizado na modelação).

Os dados de ambos os conjuntos (conjunto de desenvolvimento e conjunto de validação) foram comparados usando testes não paramétricos ( $\chi^2$  e Mann-Whitney) e usando também a AUC de um modelo multivariável que estima a probabilidade de um indivíduo pertencer ao conjunto de desenvolvimento/validação (modelo de pertença), considerando como variáveis independentes os mesmos preditores e também a variável resposta do modelo de predição original (199). Uma AUC menor que 0.70 sugere que os dois conjuntos (desenvolvimento e validação) são semelhantes.

Adicionalmente, fez-se uma transformação (*customization*) ajustando o modelo original (obtido com o conjunto de dados desenvolvimento) ao global dos dois conjuntos de dados.

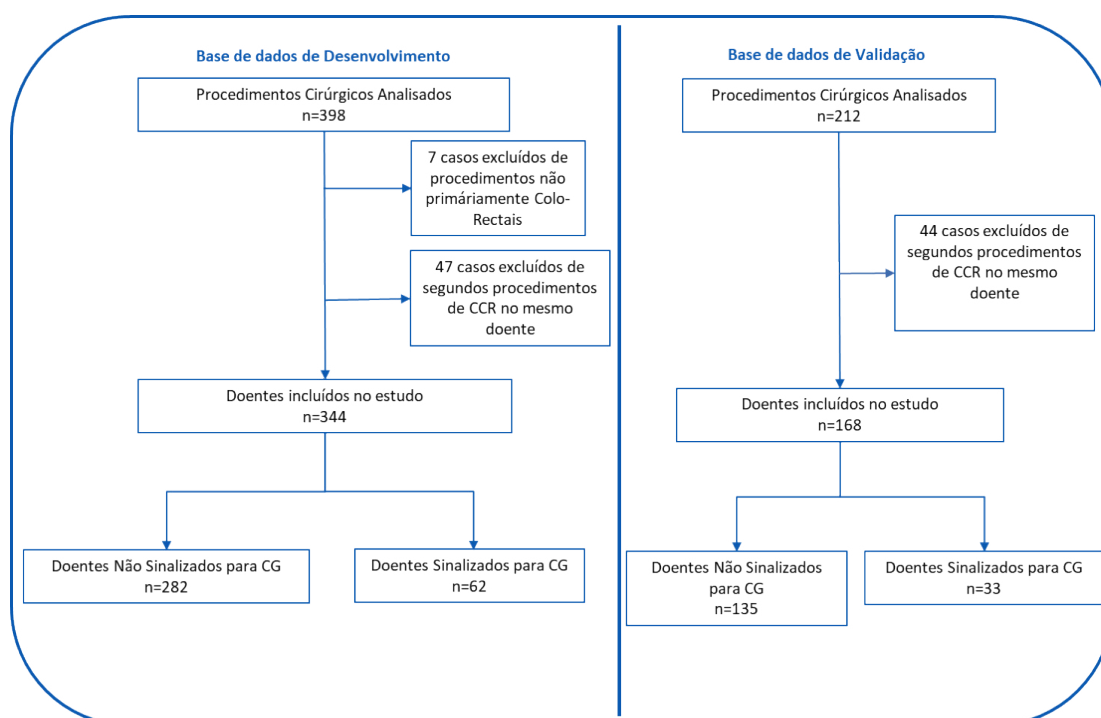
Com as estimativas de probabilidade de CG resultantes, obteve-se o ponto de corte que maximizava a sensibilidade e especificidade. Estimou-se também a precisão (*accuracy*) (percentagem de classificações correctas), o valor preditivo positivo (PPV) e o NPV.

As análises foram feitas usando o *Stata 13* (StataCorp. 2013. *Stata Statistical Software: Release 13*. StataCorp LP, College Station, TX) e o *R* (R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Core Team, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, year = 2018, <http://www.R-project.org>).



## 2.5. RESULTADOS

Foram analisados os PCE de 398 procedimentos cirúrgicos de cirurgia do cólon e recto. Destes, sete foram excluídos por se tratarem de procedimentos não primariamente colo-rectais e 47 por se tratarem de segundos procedimentos num mesmo doente. Foram retidos para análise 344 doentes dos quais 62 (18%) foram sinalizados para CG entre cirurgiões e internistas (Figura 13). Para validação externa foram analisados 212 procedimentos cirúrgicos de cirurgia do cólon e recto. Destes, 44 foram excluídos por se tratarem de segundos procedimentos num mesmo doente. Foram retidos para análise 168 doentes (Figura 13) dos quais 33 (19.6%) tiveram CG entre cirurgiões e internistas.



**FIGURA 13** Fluxograma global dos doentes.

A Tabela III apresenta as características dos doentes do conjunto de desenvolvimento e as comparações do subgrupo dos doentes sinalizados com o subgrupo dos doentes não sinalizados.

A idade média dos doentes foi 65,5 anos (mínimo 26 e máximo 97) com mediana ( $P_{25}$ – $P_{75}$ ) de 66 (58–76) anos no conjunto total e 74,1 anos (mínimo 50 e máximo 97)

com mediana 76 (67–80) no grupo de sinalizados para CG. No conjunto de validação a média de idades foi 66.5 anos (mínimo 26 e máximo 94) com mediana ( $P_{25}$ – $P_{75}$ ) de 68 (59–77) anos no conjunto total e de 73.2 (mínimo 49 e máximo 89) com mediana ( $P_{25}$ – $P_{75}$ ) de 75 (67–80.3) anos no grupo dos sinalizados para CG.

A duração média do tempo de internamento foi 12.0 dias (mínimo dois e máximo 161 dias) com uma mediana ( $P_{25}$ – $P_{75}$ ) de oito dias (6–15) no conjunto total e uma média de 24.6 dias (mínimo dois e máximo 161 dias) com mediana ( $P_{25}$ – $P_{75}$ ) de 18 dias (14.3–25.3) no grupo dos sinalizados para CG. No conjunto de validação, a média do tempo de internamento foi 10.3 dias (mínimo três e máximo 72 dias) com uma mediana ( $P_{25}$ – $P_{75}$ ) de oito dias (6–14) no conjunto total e uma média de 18.4 dias (mínimo 6 e máximo 72 dias) com mediana ( $P_{25}$ – $P_{75}$ ) de 17 dias (12.3–25) no grupo dos sinalizados para CG.

**TABELA III** Características dos doentes do conjunto de desenvolvimento e comparações do subgrupo dos doentes sinalizados com o subgrupo dos doentes não sinalizados.

		Dados Desenvolvimento Total	Dados Desenvolvimento Sinalizados	Dados Desenvolvimento não Sinalizados	<i>p-value</i>
		n=344	n=62	n=282	n=344
<b>CARACTERÍSTICAS DOS DOENTES N (%)</b>					
Idade – Mediana ( $P_{25}$ – $P_{75}$ )		66(58-76)	76(67-80)	65(56-74)	<0.001
Diagnóstico	Neoplasia	221(64.2)	35(56.5)	186(66)	0.205
	Outro	123(35.8)	27(43.5)	96(34)	
Pré-operatório	DPOC*	32 (9.3)	7(11.3)	25(8.87)	0.724
	CV**	60(17.4)	21(33.9)	39(13.8)	<0.001
	CVD***	19(5.52)	7(11.3)	12(4.26)	0.059
	Neoplasia	61(17.7)	20(32.3)	41(14.5)	0.002
	Doença Metastática	7(2.03)	0(0)	7(2.48)	0.449
	Hipertensão Arterial	196(57)	46(74.2)	150(53.2)	0.004
	DM****	33(9.59)	11(17.7)	22(7.8)	0.030
	Renal	32(9.3)	12(19.4)	20(7.09)	0.006
	Outras	248(72.1)	52(83.9)	196(69.5)	0.033

		Dados Desenvolvimento Total	Dados Desenvolvimento Sinalizados	Dados Desenvolvimento não Sinalizados	<i>p-value</i>
		n=344	n=62	n=282	n=344
CARACTERÍSTICAS DOS DOENTES N (%)					
Cm-Burden <sup>#</sup>	0	76(22.1)	4(6.45)	72(25.5)	<0.001
	1	110(32)	10(16.1)	100(35.5)	
	2	73(21.2)	17(27.4)	56(19.9)	
	3	43(12.5)	9(14.5)	34(12.1)	
	4	23(6.69)	10(16.1)	13(4.61)	
	≥5	19(5.52)	12(19.4)	7(2.48)	
Cm-Burden Bin	<3	259(75.3)	31(50)	228(80.9)	<0.001
	≥3	85(24.7)	31(50)	54(19.1)	
SCORES PRÉ-OPERATÓRIOS					
ASA-PS <sup>##</sup>	1	28(8.14)	0(0)	28(9.93)	<0.001
	2	245(71.2)	29(46.8)	216(76.6)	
	3	63(18.3)	28(45.2)	35(12.4)	
	4	6(1.74)	4(6.45)	2(0.709)	
	5	2(0.581)	1(1.61)	1(0.355)	
ASA-PS Bin	<3	273(79.4)	29(46.8)	244(86.5)	<0.001
	≥3	71(20.6)	33(53.2)	38(13.5)	
S-MPM <sup>###</sup>	1	16(4.65)	0(0)	16(5.67)	<0.001
	2	9(2.62)	0(0)	9(3.19)	
	3	139(40.4)	10(16.1)	129(45.7)	
	4	88(25.6)	16(25.8)	72(25.5)	
	5	33(9.59)	7(11.3)	26(9.22)	
	6	24(6.98)	13(21)	11(3.9)	
	7	30(8.72)	13(21)	17(6.03)	
	8	4(1.16)	3(4.84)	1(0.355)	
	9	1(0.291)	0(0)	1(0.355)	
S-MPM Bin	<6	285(82.8)	33(53.2)	252(89.4)	<0.001
	≥6	59(17.2)	29(46.8)	30(10.6)	

		Dados Desenvolvimento Total	Dados Desenvolvimento Sinalizados	Dados Desenvolvimento não Sinalizados	p-value
		n=344	n=62	n=282	n=344
CARACTERÍSTICAS DOS PROCEDIMENTOS N (%)					
Urgente		73(21.2)	21(33.9)	52(18.4)	0.012
Laparotomia		159(46.2)	44(71)	115(40.8)	<0.001
Risco Cirúrgico (alto)		159(46.2)	44(71)	115(40.8)	<0.001
Tipo de Procedimento	Resseção Anterior do Recto	123(35.8)	9(14.5)	114(40.4)	<0.001
	Hartmann	30(8.72)	10(16.1)	20(7.09)	
	Hemicolectomia Esquerda	31(9.01)	6(9.68)	25(8.87)	
	Colectomia Total	37(10.8)	15(24.2)	22(7.8)	
	Hemicolectomia Direita	109(31.7)	21(33.9)	88(31.2)	
	Outro	14(4.07)	1(1.61)	13(4.61)	
Tempo de Recobro	<24h	271(78.8)	24(38.7)	247(87.6)	<0.001
	≥24h	73(21.2)	38(61.3)	35(12.4)	

\*DPOC= Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica; \*\*CV= Doença Cardio-Vascular; \*\*\*CVD= Doença Cerebro-Vascular; \*\*\*\*DM= Diabetes Mellitus; Bin=Binária;  
Cm= Comorbilidade; #Cm-Burden= Carga de Comorbilidades; ##ASA-PS= American Society of Anaesthesiologists Physical Status classification system; ###S-MPM= Surgical Mortality Probability Model.

O diagnóstico pré-operatório foi de neoplasia em 221 doentes (64.2%) e 35 (15.8%) destes foram sinalizados para CG.

No que respeita ao procedimento, 21.2% foram urgentes, 53.7% foram laparoscópicos e o risco cirúrgico era alto em 47.4% dos procedimentos. Não houve procedimentos de baixo risco. A frequência dos procedimentos específicos foi: 35.7% ressecção anterior do recto, 31.7% hemicolectomia direita, 9% hemicolectomia esquerda, 10.7% colectomia total e 8.7% colectomia de Hartmann.

A média do número de Cm por doente foi 1.65. Houve 76 doentes (22%) sem Cm e 19 doentes (2,6%) com mais de 5 Cm.

Houve 245 doentes (71.2%) admitidos para a UCI para o recobro pós-operatório com uma duração mediana de permanência naquela unidade de 1.5 dias. Sessenta e dois

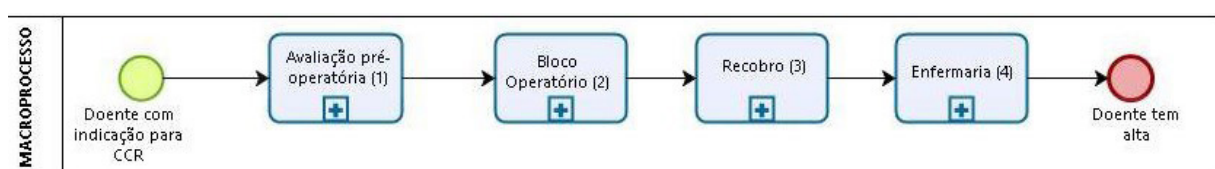
doentes (18%) foram admitidos para a UCint para o período de recobro com uma duração mediana de internamento na UCint de 1 dia.

Dos 344 doentes, 178 (51.7%) tiveram pelo menos uma complicação. Destes 178 doentes que tiveram complicações, 49 (27.5%) tinham sido sinalizados para CG antes de a complicação surgir e 68 (38.2%) acabaram por ter CG. Houve 40 doentes (11.6%) que voltaram ao BO e destes 29 (72.5%) foram admitidos para a UCI para recobro pós-operatório. Um total de oito doentes (2.3%) morreram durante o período do estudo.

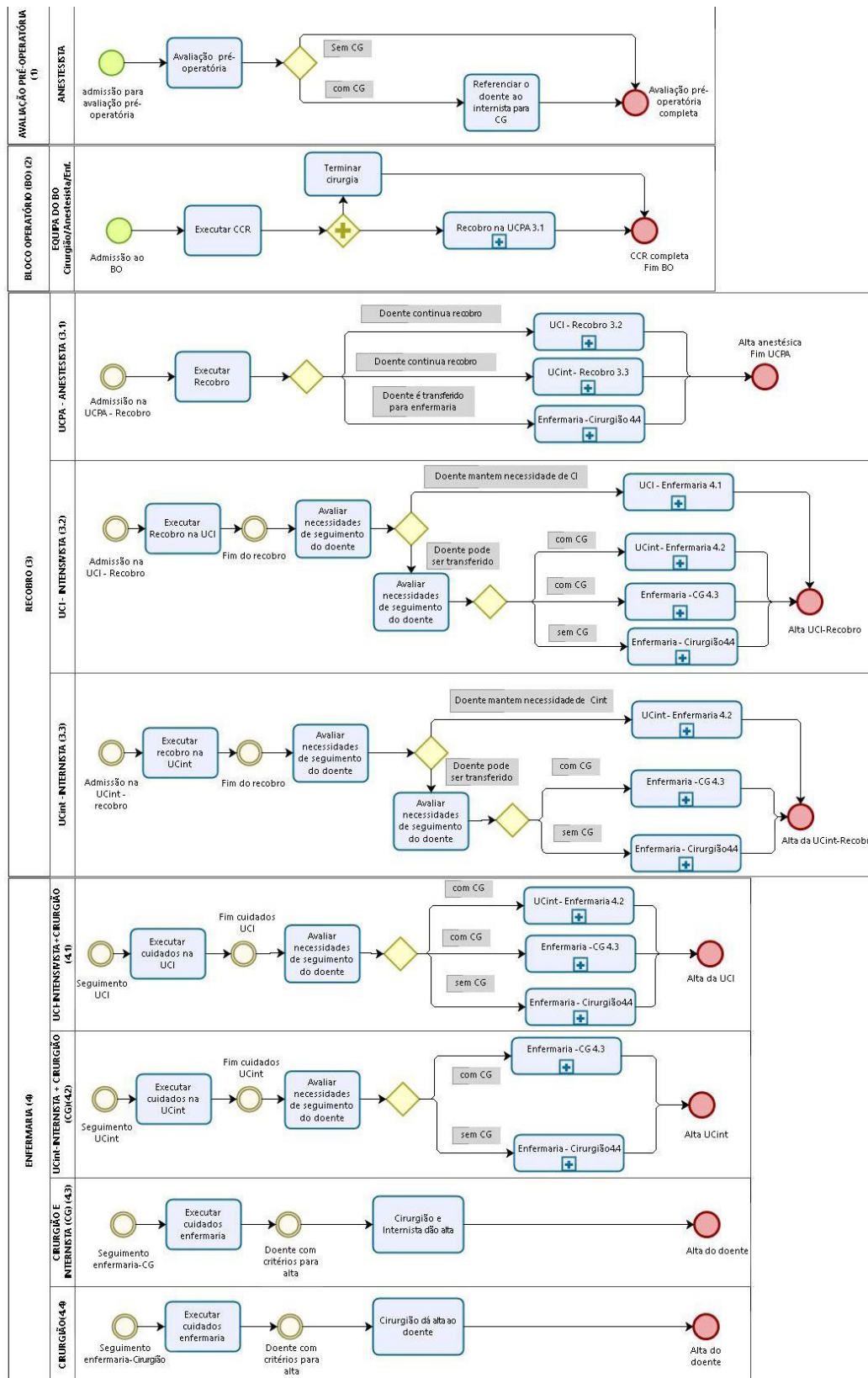
Um total de 18% de doentes (62 doentes) foram sinalizados para CG, mas 23.5% (81 doentes) acabaram por ter CG na enfermaria. Os 19 doentes que não foram sinalizados mas tiveram CG, foram casos de complicações inesperadas (fosse de natureza médica fosse de natureza cirúrgica), requerendo a intervenção da equipa de MI. Registaram-se 12 doentes com complicações cirúrgicas que obrigaram à CG pela MI e 7 doentes com complicações médicas. Em todos estes doentes as complicações que surgiram não eram antecipáveis. A título de exemplo referem-se deiscências de suturas ou atrasos na retoma da via oral, bem como pneumonia ou infeções tracto urinário.

### 2.5.1. Circuito clínico de cuidados — Modelo As-/s

O gráfico de representação do macro processo do CCC do doente proposto para CCR no HLL está ilustrado na Figura 14, que mostra o macroprocesso com os diferentes processos estando o detalhe dos processos e subprocessos na Figura 15. As Figura 16, Figura 17, Figura 18, Figura 19, Figura 20 e Figura 21 correspondem às fotografias ampliadas de cada um dos processos já com maior detalhe.



**FIGURA 14** Macroprocesso do CCC.



**FIGURA 15** Conjunto do macroprocesso com detalhe dos processos e subprocessos.

Há 4 processos. Cada uma das figuras tem a respectiva explicação imediatamente abaixo.

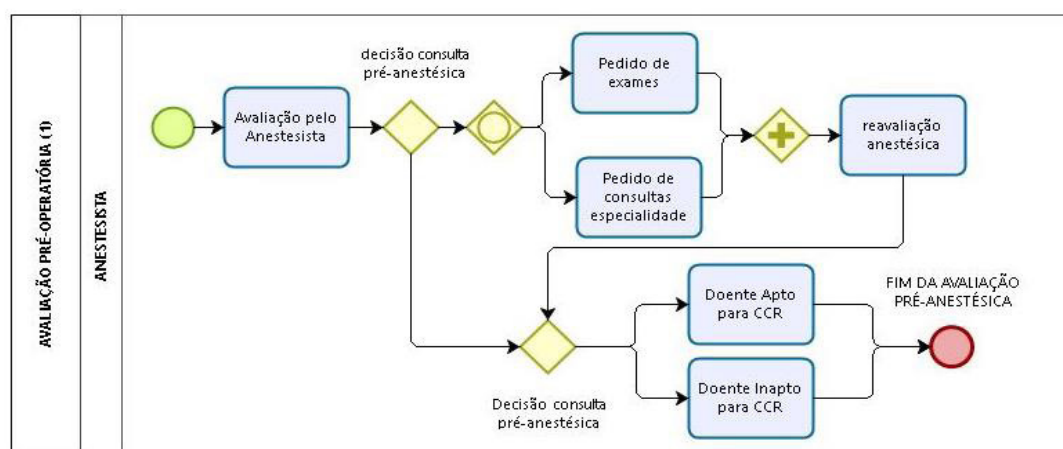
A Figura 16 corresponde ao processo 1 = Avaliação pré-operatória.

A Figura 17 corresponde ao processo 2 = Bloco Operatório.




A Figura 18, a Figura 19 e a Figura 20 referem-se todas ao processo 3 = Recobro. A Figura 18 corresponde ao conjunto dos 3 subprocessos do recobro e o maior detalhe é mostrado nas fotografias ampliadas nas Figura 19 e Figura 20.




A Figura 21 corresponde ao processo 4 = Enfermaria.





O processo da avaliação pré-operatória é um processo único sem subprocessos. O participante responsável pelas actividades é o anestesista.

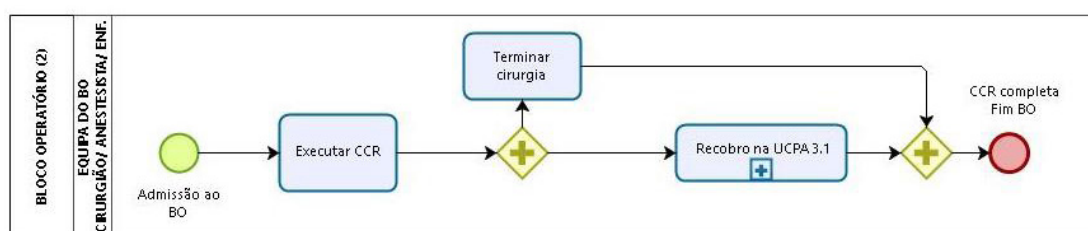


**FIGURA 16** Processo 1 — Avaliação pré-operatória.

O doente é admitido à consulta de anestesia pré-operatória  por referência pelo cirurgião que colocou a indicação cirúrgica. Na consulta é tomada uma decisão exclusiva  na qual o anestesista ou solicita novos meios complementares de diagnóstico e/ou consulta de uma especialidade, ou toma logo uma decisão exclusiva  de considerar o doente apto ou não apto para cirurgia colo-rectal.

No caso de mais informação adicional ser solicitada podem ser  ou mais exames de diagnóstico e/ou outras consultas, e quando todos os resultados destes forem conhecidos  então haverá uma reavaliação anestésica que voltará à decisão exclusiva de apto ou não apto para CCR. Qualquer que seja a decisão da consulta o processo termina e a avaliação pré-anestésica termina .


No processo do bloco operatório = processo 2 (Figura 17), os participantes são o conjunto da equipa do BO, incluindo cirurgiões, anestesistas, enfermeiros, auxiliares e técnicos vários. O doente é admitido ao BO  e a cirurgia é realizada e dá lugar a uma orientação paralela  de finalização da intervenção e passagem do doente para o recobro na UCPA. Uma vez todas estas actividades finalizadas  há o fim do processo do bloco .



**FIGURA 17** Processo 2 — Bloco Operatório.

No processo do recobro (Figura 18), há 3 subprocessos:

1. O subprocesso do recobro na UCPA = subprocesso 3.1 (Figura 19); neste subprocesso o participante é o anestesista da UCPA
2. O subprocesso do recobro na UCI = subprocesso 3.2 (Figura 20); neste subprocesso o participante é o intensivista da UCI
3. O subprocesso do recobro na UCInt = subprocesso 3.3 (Figura 20); neste subprocesso o participante é o internista da equipa de enfermaria à qual pertence a UCInt.

À saída do BO (e salvo raras excepções que são as cirurgias cardíacas e cerebrais, nas quais os doentes são transferidos directamente do BO para a UCI) o doente é admitido na UCPA . Aqui, o que acontece é um *continuum* de cuidados entre o BO e o recobro, do qual é responsável o mesmo anestesista responsável pelo acto anestésico durante a intervenção cirúrgica.



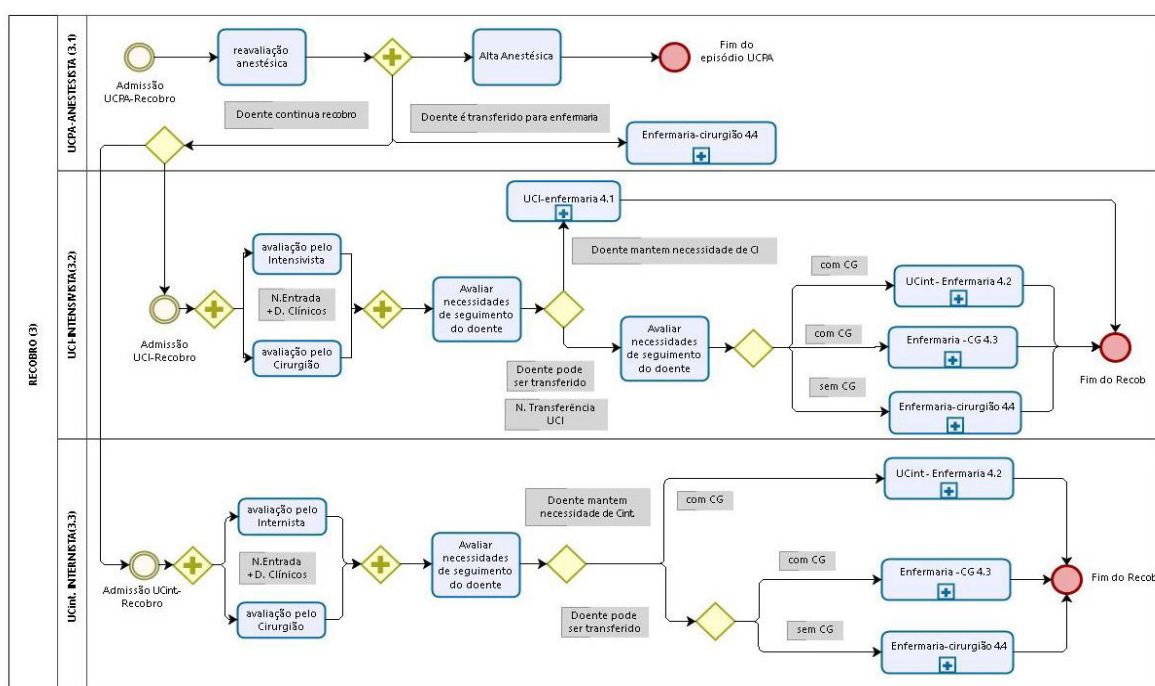


FIGURA 18 Processo 3 — Recobro.

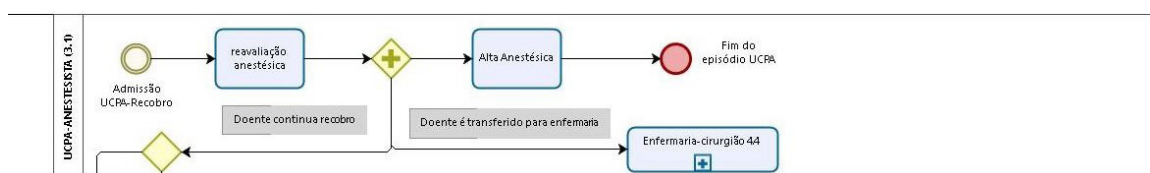



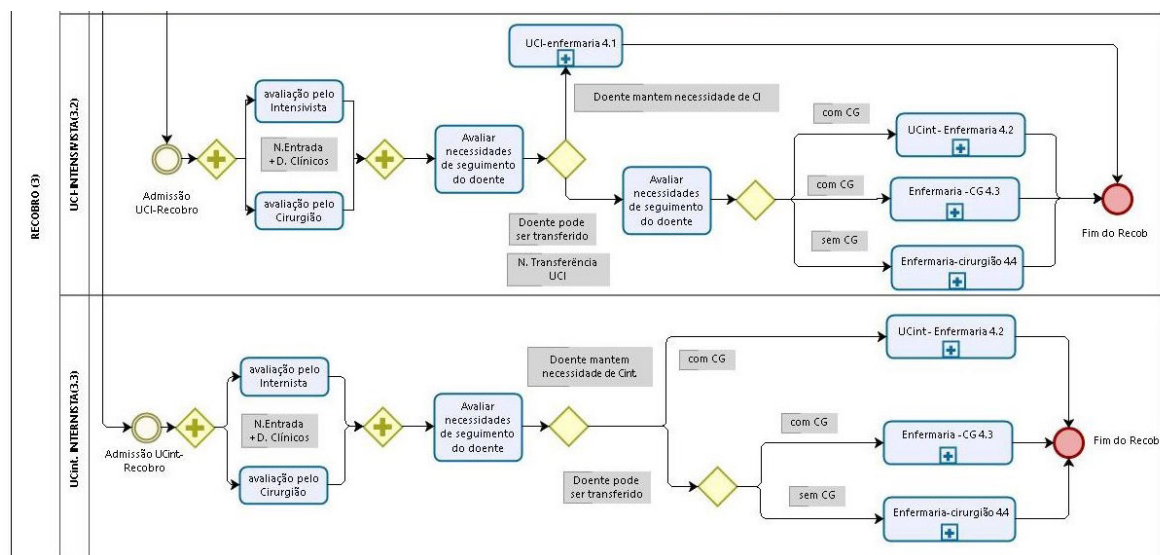
FIGURA 19 Subprocesso 3.1 (Recobro UCPA).

Em regra o doente fica algumas horas naquela unidade, com reavaliações periódicas reavaliação anestésica e que conduzem a uma decisão paralela + que dá origem à alta anestésica Alta Anestésica e à decisão de que o doente poderá ser transferido.




A decisão em relação ao nível/tipo de cuidados que é prestado aos doentes à saída da UCPA é a decisão que integra factores clínicos e factores logísticos já descrita (vide secção 2.4.1.2. — Definição da variável resposta).

No caso de se decidir que o doente pode ser transferido para a enfermaria a cargo do cirurgião, conecta com o subprocesso 4.4. Caso se decida que o doente deve

manter vigilância de recobro por mais horas, então será tomada a decisão exclusiva  de transferência para a UCI ou para a UCint (subprocessos 3.2. e 3.3).



**FIGURA 20** Subprocesso 3.2 e 3.3 (Recobro UCI e Subprocesso Recobro UCint).

Em qualquer destas unidades o doente é admitido para recobro cirúrgico  e o doente é avaliado em paralelo  pelo responsável médico da unidade (intensivista na UCI e internista na UCint) e pelo cirurgião. Às 18-24h de admissão na unidade é feita uma avaliação das necessidades de seguimento do doente com uma decisão exclusiva  de manter o doente na unidade ou de ser transferido.

No caso de o recobro ter sido na UCI, pode haver uma de 2 decisões: ou o doente não tem condições de transferência e mantem-se na UCI transitando para o subprocesso 4.1 (UCI enfermaria), ou o doente pode ser transferido e nesse caso a necessidade de CG é avaliada. Segue-se então um de 3 destinos: sem CG e o doente transita para o subprocesso 4.4 (enfermaria-cirurgião), ou com CG e o doente transita para o subprocesso 4.2 (UCint-enfermaria) ou para o subprocesso 4.3 (enfermaria CG).

No caso de o recobro ter sido na UCint o desenho de decisão é semelhante, sendo que os destinos são a UCint-enfermaria (com CG), a enfermaria-CG (com CG) ou a enfermaria – cirurgião (sem CG). Em qualquer dos casos acima o recobro termina

● Fim do Recobro.

Esta é a fase em que surge a decisão de sinalizar ou não o doente para ser admitido em CG entre o cirurgião e a MI na enfermaria. Esta CG pode ter lugar na enfermaria ou na UCint.

Como explicado acima na secção 2.4.1.2 – Definição da variável resposta, esta decisão, que é tomada à saída do recobro, de sinalizar ou não os doentes para CG é determinada exclusivamente por critérios clínicos sem a interferência de condições logísticas, pelo que foi esta a decisão que se designou como “Sinalização para CG” e que constitui a variável resposta do modelo de apoio à decisão.

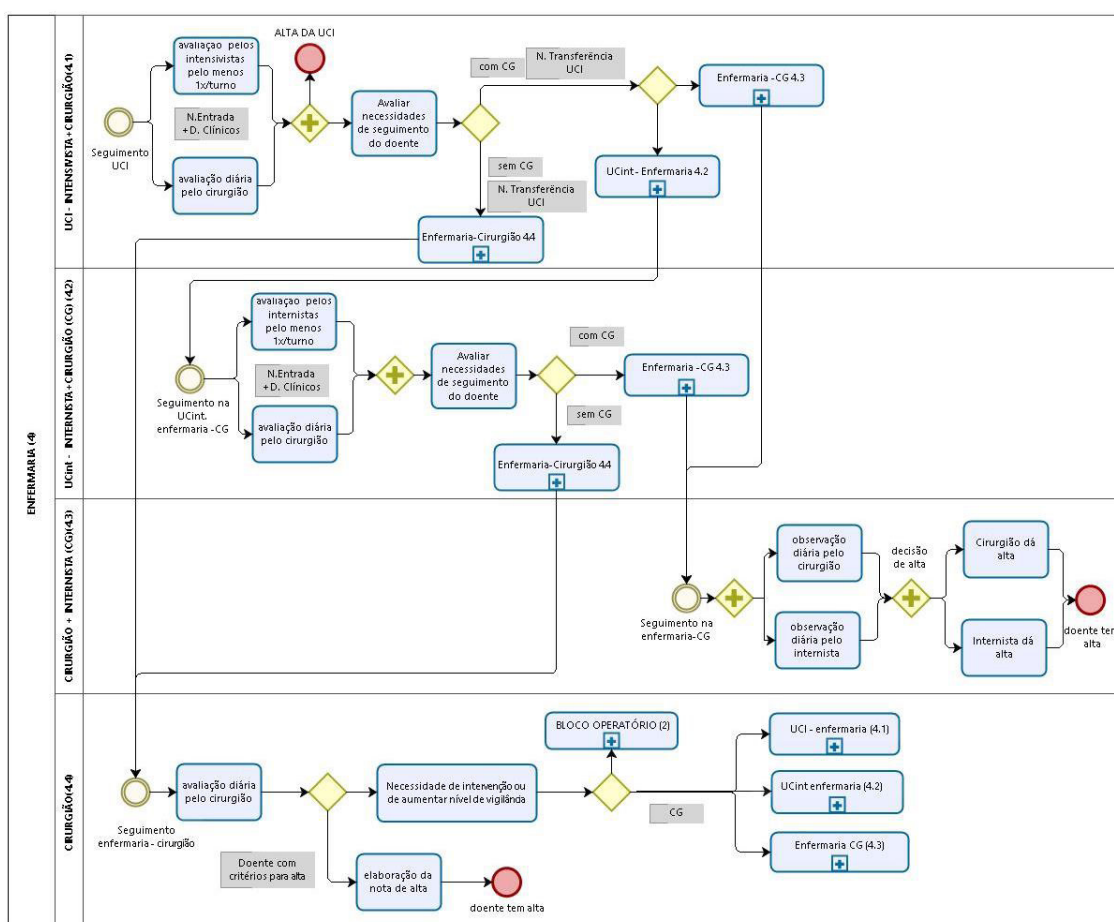
De seguida apresenta-se o processo 4, que é o processo que se segue ao recobro e no qual existem 4 subprocessos (Figura 21).

1. O subprocesso 4.1 é o subprocesso da enfermaria-UCI. Neste subprocesso os participantes são o intensivista e o cirurgião
2. O subprocesso 4.2 é o subprocesso da enfermaria UCint. Neste subprocesso os participantes são o internista da equipa da UCint em CG com o cirurgião
3. O subprocesso 4.3 é o subprocesso da enfermaria em CG. Neste subprocesso os participantes são o internista da equipa de enfermaria em CG com o cirurgião
4. O subprocesso 4.4 é o subprocesso da enfermaria de cirurgia. Neste subprocesso o participante é o cirurgião.

Em qualquer dos subprocessos o doente é admitido para continuação de cuidados pós-operatórios após o recobro, sendo que o nível de cuidados clínicos necessários determina o local onde esses cuidados serão fornecidos e os intervenientes.

Assim, no subprocesso 4.1 o doente mantém o nível máximo de vigilância na UCI, e no subprocesso 4.4 o nível mínimo de vigilância na enfermaria a cargo apenas

do cirurgião. Qualquer decisão tomada pode ser modificada conforme as necessidades do doente que poderá transitar entre subprocessos ou mesmo entre processos. São exemplos desta dinâmica, o doente que deixa de necessitar de estar em CG e passa do subprocesso 4.2 ou 4.3 para o processo 4.4; ou, ao invés, o doente que estando no subprocesso 4.4 tem a sua situação clínica agravada e precisa de transitar para qualquer dos outros subprocessos do processo 4 ou mesmo voltar ao bloco operatório e reentrar no processo 2.



**FIGURA 21** Processo 4 — Enfermaria.

Há três decisões que importa tornar o mais objectivas e reprodutíveis possível e para as quais as ferramentas de apoio à decisão que este trabalho propõe têm a sua motivação:

1. A primeira decisão é a que se refere à que é planeada na avaliação pré-anestésica e que determina a possibilidade de o doente precisar de CG pela MI uma

vez na enfermaria. Para apoio a esta decisão foi criada a ferramenta baseada apenas em variáveis pré-operatórias.

2. A segunda decisão é onde o doente deverá fazer o recobro. Esta decisão tem o objecto do destino do doente à saída da UCPA: ou o doente é transferido directamente para a enfermaria ou é transferido para uma unidade de maior vigilância (UCI ou UCint) para continuar o recobro. Para esta decisão não foi criada ferramenta de apoio à decisão.
3. A terceira decisão é onde e com quem o doente deverá fazer o período pós-recobro. Nesta fase queremos saber de novo o nível de vigilância e quais os interventores que mais bem se adequam para o oferecer. Ainda que o doente possa não necessitar de uma unidade de maior vigilância e a enfermaria possa ser o local apropriado para o doente fazer o resto do seu período de pós-operatório, a programação de quem serão os interventores é importante. Para apoio a esta decisão foi criada a ferramenta baseada em variáveis pré e pós-operatórias.

### 2.5.2. Modelo das variáveis pré-operatórias

Foi feita uma comparação entre os resultados obtidos com os modelos individuais simples de apenas um estadio (RL e TS), treinados com o conjunto completo de variáveis  $S_b|S_{nb}$  e os resultados dos modelos com esquema MS nas diferentes simulações efectuadas.

Os modelos *Fuzzy TS* foram baseados em algoritmos de *clustering* de PCM para 2 *clusters* que se traduzem em 2 regras ( $K=2$ ) no modelo.

Foi feita uma experiência com uma 3.<sup>a</sup> regra que era usada caso a cirurgia fosse urgente. A regra correspondia a atribuir um peso para decisão positiva para CG caso fosse uma cirurgia urgente. Foi incluída a terceira regra com diferentes pesos (fizemos simulações com peso=1, peso=0,5 e ainda peso=0,33) mas não houve incremento de desempenho com a introdução desta regra, pelo que abandonámos esta experiência.

Foram testados diferentes tipos de modelos tal como diferentes estratégias de modelação. Todos os métodos e resultados foram desenvolvidos e criticamente analisados quer no que respeita à relevância clínica dos achados, quer também em relação à relevância prática de aplicabilidade no cenário hospitalar.

Como dito acima, 3 cenários distintos foram retidos para análise.

No primeiro cenário, toda a informação disponível foi transportada para os modelos. O conjunto de variáveis binárias ( $S_b$ ) foi usado para treinar o modelo do 1.º estadio (RL) e, o conjunto das variáveis não binárias ( $S_{nb}$ ) foi usado para treinar os modelos do 2.º estadio (TS); o resultado (*output*)  $\widehat{YE}_1$  do  $ME^1$  é parte da informação de entrada (*input*) do  $ME^2$ .

Ainda neste primeiro cenário aplicámos o mesmo método, mas a selecção das variáveis mais relevantes para o modelo foi feita por SFS tendo a AUC sido usada como critério de avaliação.

Na Tabela IV abaixo, apresentam-se os resultados obtidos com os modelos de um estadio e com os modelos de dois estadios com agrupamento (*ensemble*) usando toda a informação disponível ou usando a informação seleccionada por SFS. O ponto de corte das probabilidades estimadas acima do qual o doente deverá ser sinalizado para CG conduziu às medidas de sensibilidade, especificidade, NPV e percentagem de classificações correctas apresentadas na Tabela IV.

Verifica-se que nos modelos de um estadio, quer técnicas clássicas de RL quer mais complexas de *Fuzzy-TS* obtiveram um desempenho discriminativo modesto em particular no que respeita à sensibilidade baixa, respectivamente 0.62 e 0.64.

As medidas de desempenho obtidas com o esquema *MS* são bastante mais satisfatórias, pelo que se decidiu que seria um modelo *MS* que seria prosseguido no estudo para a construção de uma ferramenta para definir os doentes para CG.

**TABELA IV** Desempenho médio de 5 partições repetida 10 vezes para os modelos de um estadio e para o modelo de dois estadios (com agrupamento no 2.º estadio).

MODELOS SIMPLES										
Tipo		Variáveis				AUC	ponto de corte	sensibilidade	especificidade	NPV
RL		Sb Snb				0.75	0.18	0.61	0.73	0.90
TS		Sb Snb				0.77	0.21	0.64	0.75	0.91
RL		SFS				0.76	0.22	0.62	0.75	0.90
TS		SFS				0.77	0.22	0.64	0.76	0.91
MODELOS MULTISTAGE-ENSEMBLE										
Tipo		Variáveis				AUC	ponto de corte	sensibilidade	especificidade	NPV
ME <sup>1</sup>	ME <sup>2</sup>	ME <sup>1</sup>	ME <sup>2</sup> <sub>1</sub>	ME <sup>2</sup> <sub>2</sub>						
RL	TS	Sb	Snb   $\widehat{YE}_1$	Snb		0.80	0.20	0.76	0.78	0.93
RL	TS		SFS			0.79	0.22	0.75	0.76	0.92

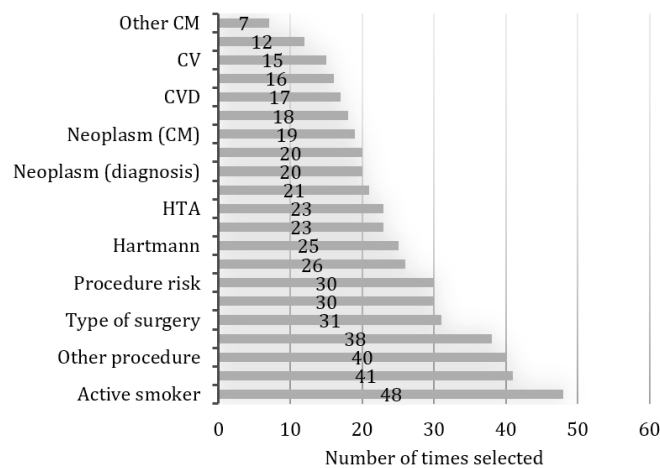
RL significa regressão logística; TS significa Takagi-Sugeno; Sb significa o conjunto de variáveis binárias; Snb significa o conjunto de variáveis não binárias; SFS significa *Sequential Forward Selection*;  $\widehat{YE}$  significa o resultado do modelo de 1.º estadio ( $ME^1$ ).

A evolução para o conceito de agrupamento de dois modelos no 2.º estadio (explorada acima no capítulo da modelação) deu origem a diferentes simulações para tentar encontrar o modelo que apresentasse o melhor desempenho.

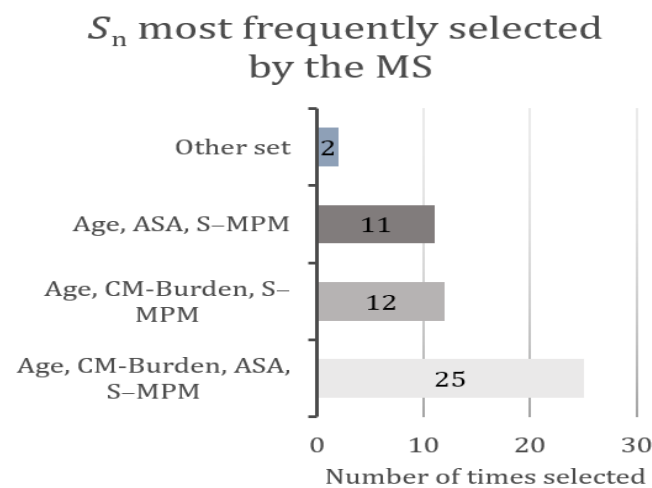
A selecção de variáveis binárias no MS é altamente inconsistente, uma vez que o mesmo conjunto de variáveis nunca foi seleccionado mais de duas vezes.

Com a utilização da selecção de variáveis por SFS verificou-se que, com uma quantidade significativamente mais pequena de variáveis no 2.º estadio, o mesmo conjunto foi seleccionado por várias vezes. A mais notória das selecções foi o conjunto que incluía todas as variáveis não binárias, seleccionado em metade das vezes. Em média, os modelos únicos de RL e TS seleccionaram respectivamente 15 e 14 variáveis, e o MS seleccionou 12 variáveis.

A Figura 22 e a Figura 23 mostram as características que foram mais frequentemente seleccionadas, durante os 50 iterações da SFS no MS.



**FIGURA 22** Variáveis binárias mais frequentemente seleccionadas pelo MS.



**FIGURA 23** Conjunto de variáveis não binárias mais frequentemente seleccionadas pelo MS.

Verificou-se que:

- › Com um menor volume de informação, o MS atingia uma maior sensibilidade.
- › A informação binária não parecia acrescentar valor de predição para sinalização para CG.

Como as simulações mostraram que o conjunto que contém apenas variáveis não binárias foi aquele que teve um melhor desempenho, usou-se este conjunto sozinho



no esquema MS, ainda que não alinhado com o conceito originalmente idealizado. Este trabalho exploratório foi publicado num artigo de conferência (200).

Evoluiu-se então para o segundo e terceiro cenários nos quais apenas é utilizada a informação não binária (idade, ASA, Cm-Burden e S-MPM).

Usando apenas variáveis **não binárias** criaram-se três modelos diferentes:

1. Apenas as variáveis não binárias são usadas para treinar  $ME^1$  e, quer  $ME_1^2$  quer  $ME_2^2$  são treinados com  $\widehat{YE}_1$ . No 1.º estadio é um modelo de RL e no 2.º estadio são dois modelos TS (modelo RF = modelo 1).
2. Apenas as variáveis não binárias são usadas para treinar  $ME^1$  e, quer  $ME_1^2$  quer  $ME_2^2$  são treinados com as variáveis não binárias e não com  $\widehat{YE}_1$ . No 1.º estadio é um modelo de RL e no 2.º estadio são dois modelos TS (modelo RSF = modelo 3).
3. Apenas as variáveis não binárias são usadas para treinar  $ME^1$  e, quer  $ME_1^2$  quer  $ME_2^2$  são treinados com as variáveis não binárias e não com  $\widehat{YE}_1$ . No 1.º estadio é um modelo de RL e no 2.º estadio são dois modelos RL (modelo RSR = modelo 4).

Os resultados obtidos nestes segundo e terceiro cenários correspondentes a três modelos estão representados na Tabela V abaixo. Nos modelos RSF e RSR  $\widehat{YE}_1$  não é usado. Assim,  $ME^1$  ficou apenas com o objectivo de dividir os doentes em 2 grupos conforme o nível de confiança da classificação e assim separar os doentes que vão para o  $ME_2^2$ .

**TABELA V** Desempenho médio para validação cruzada de 5 partições com 10 repetições dos três modelos com variáveis não binárias.

Nome	Tipo	Variáveis			AUC	ponto de corte	accuracy	sensibilidade	especificidade	NPV
		$ME^1$	$ME_1^2$	$ME_2^2$						
1-RF	RL-TS	Snb	$\widehat{YE}_1$	$\widehat{YE}_1$	0.80	0.19	0.77	0.74	0.77	0.93
3-RSF	RL-TS	Snb	Snb	Snb	0.80	0.19	0.77	0.74	0.77	0.93
4-RSR	RL-RL	Snb	Snb	Snb	0.81	0.18	0.77	0.74	0.78	0.93

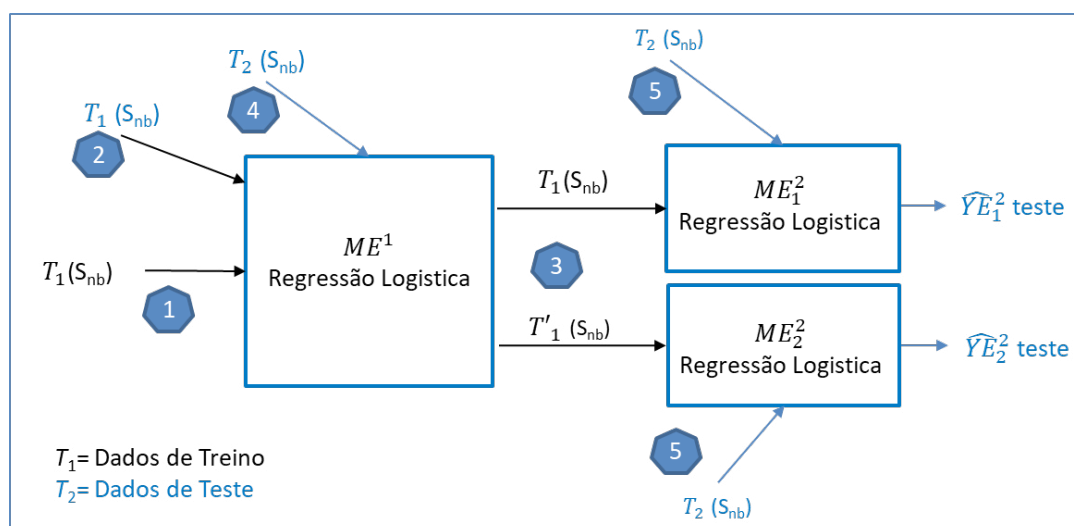
RL significa regressão logística; TS significa Takagi-Sugeno; Sb significa o conjunto de variáveis binárias; Snb significa o conjunto de variáveis não binárias;  $\widehat{YE}$  significa o resultado do modelo de 1.º estadio ( $ME^1$ ).

### 2.5.2.1. O modelo final

Dada a semelhança das medidas de desempenho dos três modelos acima, escolheu-se o modelo RSR como o modelo final.

Assim, o modelo de variáveis pré-operatórias final é um modelo MS com agrupamento de dois modelos no 2.º estadio, sendo que são semelhantes os resultados sejam esses modelos do 2.º estadio ambos RL, sejam ambos TS. As variáveis que entram nos modelos são 4 variáveis não binárias: Idade, ASA-PS, S-MPM e Cm-Burden.

A Figura 24 tem o esquema representativo do modelo.



**FIGURA 24** Representação do modelo final (modelo 4 — RSR) MSE.

$T_1(S_{nb})$  e  $T_2(S_{nb})$  representam o conjunto completo da amostra (com variáveis não binárias) usados para treinar ( $T_1$ ) e testar ( $T_2$ )  $ME^1$  e  $ME_1^2$ .

$T'_1(S_{nb})$  representa as amostras de treino (com variáveis não binárias) associadas a um baixo grau de confiança em  $ME^1$ , que são usadas para treinar  $ME_2^2$ .

$\hat{Y}E_1^2$  e  $\hat{Y}E_2^2$  são os resultados respectivamente dos modelos do  $ME_1^2$  e do  $ME_2^2$ .

A informação do  $ME_1^2$  (modelo TS) é o conjunto das variáveis não binárias de todos os doentes. A informação do  $ME_2^2$  (modelo TS) são as variáveis não binárias do subconjunto de doentes que foram classificados com baixo nível de confiança no  $ME^1$  (modelo RL).

A Tabela VI mostra as medidas de desempenho do modelo escolhido como modelo final (RSR – modelo 4) e já descrito acima. O modelo usa apenas as variáveis não binárias: Idade, Cm-Burden, ASA-PS e S-MPM.

**TABELA VI** Desempenho médio para validação cruzada de 5 partições com 10 repetições do modelo final com variáveis não binárias.

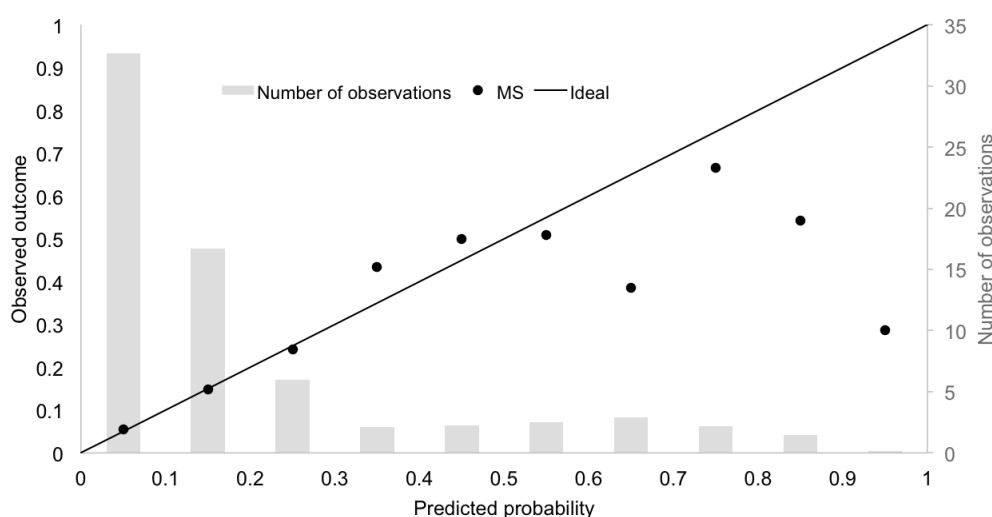
Nome	Tipo	Variáveis			AUC	ponto de corte	precisão	sensibilidade	especificidade	NPV
		$ME^1$	$ME_1^2$	$ME_2^2$						
4-RSR	RL-RL	Snb	Snb	Snb	0.81	0.18	0.77	0.74	0.78	0.93

RL significa regressão logística; Snb significa o conjunto de variáveis não binárias;  $ME^1$  é o modelo de 1.º estadio;  $ME_1^2$  e  $ME_2^2$  são os dois modelos do 2.º estadio.

O desempenho do modelo final (modelo RSR-modelo 4) mostrou uma boa capacidade discriminativa, reflectida por uma AUC de 0.81 e o ponto de corte das probabilidades estimadas de 0.18 (acima do qual o doente deverá ser sinalizado para CG) conduziu a uma sensibilidade de 0.74 e a uma especificidade de 0.78, e a um NPV de 0.93. A percentagem de classificações correctas foi 77%.

Do total de 19 doentes (5,5%) que foram previamente não sinalizados mas que acabaram por ter CG, o modelo estimou correctamente a necessidade de CG em 5 desses (26% dos 19 casos). Tal como dito acima (último parágrafo do capítulo 2.5.), dos 19 doentes que não foram sinalizados mas que tiveram CG, 12 foram por complicações cirúrgicas que exigiram a CG com a MI e 7 por terem tido complicações médicas inesperadas.

O gráfico de calibração do MS ilustrado na Figura 25 mostra o resultado médio observado para cada intervalo de probabilidade prevista, para todas as observações nos 50 conjuntos de dados de validação. O modelo está bem calibrado para probabilidades previstas abaixo de 0.6, mas não para valores mais altos.



**FIGURA 25** Gráfico de calibração do modelo *MSE* com 50 conjuntos de validação. O número médio de doentes está no eixo secundário yy.

Nesta fase, e apesar do modelo RSR (modelo 4) ter sido o modelo seleccionado como modelo final, retiveram-se outros modelos com o objectivo de alargar o leque de modelos a testar em fase prospectiva de forma a poder escolher o modelo que melhor generaliza. Quatro modelos são *MSE* (RF, RR, RSF e RSR) e dois modelos são modelos simples de um estadio (RL e TS). As medidas de desempenho destes modelos estão na Tabela VII. Foram estes modelos que se usaram para a aplicação informática que se descreve no subcapítulo 3.5., secção 3.5.1.

**TABELA VII** Desempenho médio para 5 partições com 10 repetições dos 6 modelos seleccionados para testar em fase prospectiva.

MODELOS MULTISTAGE-ENSEMBLE										
Nome	Tipo	Variáveis			AUC	ponto de corte	precisão	sensibilidade	especificidade	NPV
		$ME^1$	$ME_1^2$	$ME_2^2$						
1-RF	RL-TS	Snb	$\bar{Y}E_1$	$\bar{Y}E_1$	0.80	0.19	0.77	0.74	0.77	0.93
2-RR	RL-RL	Snb	$Snb \bar{Y}E_1$	Snb	0.80	0.20	0.77	0.74	0.78	0.93
3-RSF	RL-TS	Snb	Snb	Snb	0.80	0.19	0.77	0.74	0.77	0.93
4-RSR	RL-RL	Snb	Snb	Snb	0.81	0.18	0.77	0.74	0.78	0.93
MODELOS SIMPLES										
Nome	Tipo	Variáveis			AUC	ponto de corte	precisão	sensibilidade	especificidade	NPV
5-R	RL	Snb			0.80	0.18	0.77	0.69	0.78	0.92
6-F	TS	Snb			0.80	0.21	0.76	0.70	0.78	0.92

RL significa regressão logística; TS significa Takagi-Sugeno; Sb significa o conjunto de variáveis binárias; Snb significa o conjunto de variáveis não binárias;  $\bar{Y}E$  significa o resultado do modelo de 1.º estadio ( $ME^1$ );  $ME^1$  é o modelo de 1.º estadio;  $ME_1^2$  e  $ME_2^2$  são os dois modelos do 2.º estadio.

### 2.5.3. Modelo das variáveis pré e pós-operatórias

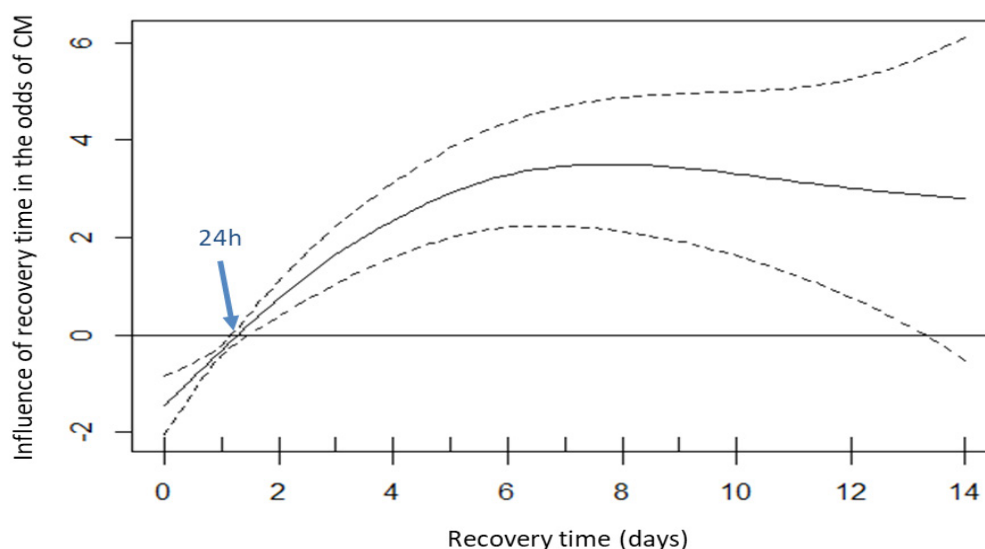
A Tabela III mostra as características de todos os doentes globalmente e discriminadas por sinalização/não sinalização para CG com as comparações respectivas.

O modelo desenvolvido no conjunto de dados de desenvolvimento (correspondendo a 344 doentes) foi validado no conjunto de dados de validação (correspondendo a 168 doentes) e posteriormente foi feita uma customização com o conjunto dos dados que reúne os dados dos dois conjuntos anteriores, que denominámos de conjunto de dados global (correspondendo a 512 doentes). Este foi o último passo para a validação externa.

#### 2.5.3.1. Estudo multivariável

##### **Codificação de preditores**

Como referido acima, algumas variáveis foram dicotomizadas usando o método *Minimum p-value approach* e a variável tempo de recobro, variável esta que é quantitativa, usando os gráficos de funções parciais dos GAM (Figura 26). Assim sendo, a variável Cm-Burden foi dicotomizada em Cm-Burden Bin ( $<3$  e  $\geq 3$ ), a avariável ASA-PS em ASA-PS Bin ( $<3$  e  $\geq 3$ ) e a variável S-MPM em S-MPM Bin ( $<6$  e  $\geq 6$ ). Para a variável tempo de recobro encontrou-se um claro ponto de corte nas 24 horas indicando que os doentes com tempo de recobro abaixo das 24 horas (correspondendo aos valores negativos do gráfico) têm menor possibilidade de CG. De forma concordante, mais de 24 horas na unidade de recobro foi associada a uma maior possibilidade de CG.



**FIGURA 26** Gráfico do modelo GAM mostrando o ponto de corte às 24h.

Gráfico da função parcial do modelo GAM revelando a forma funcional da associação entre o tempo de recobro (eixo das abcissas) e a possibilidade de CG. A curva a cheio representa a estimativa desta forma funcional e as curvas a tracejado os limites inferior e superior dos intervalos de confiança a 95% estimados para cada 24h no recobro. Valores negativos significam menor possibilidade de CG. É às 24h que se pode observar um ponto de mudança de sinal (intersecção da linha vertical das 24h com a linha horizontal de não associação) significando que a possibilidade de CG é superior quando o tempo de recobro é superior a 24 horas.

## **Especificação do modelo**

### **Análise univariável**

Foi feita uma análise univariável no conjunto de desenvolvimento para identificar quais as variáveis que poderiam potencialmente explicar a variável de interesse – sinalização para CG. Identificaram-se 14 variáveis: Risco Cirúrgico, Tempo de Recobro binário, S-MPM binário, ASA-PS binário, Cm-Burden binário, Cm-outras, Cm-Rim, Cm-DM, Cm-HTA, Cm-DCV, Cm-CV, Laparotomia (cirurgia não laparoscópica), Urgência e Idade. Os resultados estão apresentados na secção 7.2.1.

## Análise LASSO

Perante este resultado da análise univariável que seleccionou 14 variáveis, decidiu-se aplicar um outro método de selecção de variáveis, LASSO (*Least Absolute Shrinkage and Selection Operator*) referido na secção 2.4.5.2. (Modelação) e cuja representação gráfica se encontra na secção 7.2.2.

Com este método, das 14 variáveis foram seleccionadas apenas seis: Tempo de Recobro binário, ASA-PS binário, S-MPM Binário, Idade, Risco cirúrgico e Cm-Burden binário.

Uma vez que o S-MPM é construído com base em Risco cirúrgico e ASA-PS, decidimos não o considerar para a restante análise, já que não acrescentava informação e acrescia risco de colinearidade.

Foram assim retidas para análise cinco variáveis: ASA-PS binário, Idade, Risco Cirúrgico, Cm-Burden binário e Tempo de Recobro binário.

### 2.5.3.2. Análise multivariável (conjunto de desenvolvimento)

Os resultados da análise multivariável estão apresentados na Tabela VIII.

**TABELA VIII** Resultados da análise multivariável para o conjunto de dados de desenvolvimento.

PREDITORES	CONJUNTO DESENVOLVIMENTO	
	estimativas de OR (95%CI)	p
Idade	1.04 (1.01-1.08)	0.016
Carga de Cm $\geq 3^*$	1.68 (0.79-3.53)	0.170
ASA-PS $\geq 3^{**}$	2.37 (1.11-4.99)	0.024
Risco Cirúrgico Alto	1.66 (0.81-3.40)	0.164
Tempo de Recobro $\geq 24h$	5.58 (2.80-11.24)	<0.001
DESEMPENHO DO MODELO		
AUC	0.85 (0.79-0.90)	
Brier score	0.10	

\*Carga de Comorbilidades; \*\*ASA-PS= American Society of Anaesthesiologists Physical Status classification system

Verifica-se pela análise dos resultados que as variáveis Cm-Burden e Risco Cirúrgico não têm significado estatístico ( $p>0.05$ ). No entanto, as variáveis foram mantidas no modelo multivariável final devido à sua relevância clínica no presente contexto e, analisando as estimativas dos *Odds Ratios* (OR), ambas as variáveis têm estimativas que conferem risco com significado clínico para o resultado, respectivamente 1.68 (0.79-3.53) e 1.66 (0.81-3.40). Adicionalmente estas variáveis não fazem o modelo perder capacidade discriminativa.

A idade foi associada ao resultado, sendo que por cada ano de aumento da idade há um aumento de 4% na possibilidade de CG (OR=1.04; 95%CI: 1.01-1.08;  $p=0.016$ ). Doentes com mais de três Cm têm um aumento de 68% de possibilidade de sinalização para CG (OR=1.68; 95%CI: 0.79-3.53;  $p=0.170$ ). Verificou-se também que valores altos de *score* ASA ( $\geq 3$ ) foram associados a uma possibilidade 2.4 vezes maior de sinalização para CG (OR=2.37; 95%CI: 1.11-4.99;  $p=0.024$ ) e, no que respeita ao risco cirúrgico, estimou-se um aumento de 66% de possibilidade nos doentes com procedimentos de alto risco (OR=1.66; 95%CI: 0.81-3.40;  $p=0.164$ ).

O tempo de recobro, após discretização, mostrou-se também relevante no contexto do presente estudo, com os doentes que têm uma permanência nas unidades de recobro superior a 24 horas a terem cerca de seis vezes maior possibilidade de serem sinalizados para CG (OR=5.58; 95%CI: 2.80-11.24;  $p<0.001$ ).

O desempenho do modelo multivariável mostrou uma boa capacidade discriminativa, reflectida por uma AUC de 0.85 (95%CI: 0.79-0.90) e preditiva por um *score* de Brier de 0.10 (quanto mais baixo melhor, num intervalo de 0 a 1).

Após estimar as probabilidades de CG, foi determinado o ponto de corte maximizando a sensibilidade e a especificidade tendo sido obtido o valor 0.18. Na Tabela IX encontram-se as medidas de desempenho deste ponto de corte.



**TABELA IX** Medidas de desempenho do ponto de corte 0.18 obtido pelo modelo ajustado no conjunto de desenvolvimento.

CONJUNTO DESENVOLVIMENTO	
Sensibilidade	0.80
Especificidade	0.82
Precisão de classificação	0.80
Valor Preditivo Negativo	0.95
Valor Preditivo Positivo	0.49

#### 2.5.3.3. Análise Multivariável (conjunto de validação)

As características dos doentes dos conjuntos de desenvolvimento e de validação são apresentadas na Tabela X que apresenta também a comparação entre eles.

O conjunto de dados usado para validar o modelo tinha características semelhantes ao conjunto de dados de desenvolvimento tal como mostrado na Tabela X. A comparação mostra que as variáveis que são diferentes entre os dois conjuntos são algumas das Cm (DPOC, CV, DM, Doença metastática, Neoplasia), o *score* S-MPM, o risco cirúrgico e a cirurgia por laparotomia. A semelhança entre o conjunto de dados de desenvolvimento e de validação é confirmada pelo valor estimado da AUC do modelo de pertença que foi de 0.63 (95% CI: 0.58-0.68).

**TABELA X** Características dos doentes dos conjuntos de desenvolvimento e de validação com as respectivas comparações.

		DADOS DESENVOLVIMENTO Total	DADOS VALIDAÇÃO Total	<i>p</i>	DADOS DESENVOLVIMENTO Sinalizados	DADOS VALIDAÇÃO Sinalizados
		n=344	n=168		n=62 (18%)	n=33 (19.6%)
CARACTERÍSTICAS DOS DOENTES N (%)						
Idade - Mediana(P <sub>25</sub> -P <sub>75</sub> )		66(58-76)	68(59-77)	0.336	76(67-80)	75(67-80.3)
Diagnóstico	Neoplasia	221 (64.2)	116 (69)	0.282	35 (56.4)	26 (78.8)
	Outro	123 (35.8)	50 (29.8)		26 (41.9)	7 (21.2)

		DADOS DESENVOLVIMENTO Total	DADOS VALIDAÇÃO Total	<i>p</i>	DADOS DESENVOLVIMENTO Sinalizados	DADOS VALIDAÇÃO Sinalizados
		n=344	n=168		n=62 (18%)	n=33 (19.6%)
CARACTERÍSTICAS DOS DOENTES N (%)						
Comorbilidades Individuais	DPOC*	32 (9.3)	6 (3.6)	0.020	7 (11.2)	2 (6.0)
	CV**	60 (17.4)	18 (10.7)	0.047	20 (32.2)	9 (27.2)
	CVD***	19 (5.5)	6 (3.6)	0.336	6 (9.6)	1 (3.0)
	Neoplasia	61 (17.7)	17 (10.1)	0.024	20 (32.2)	6 (18.1)
	Doença Metastatica	7 (2.0)	10 (6.0)	0.020	0 (0.0)	6 (18.1)
	DM****	33 (9.6)	30 (17.9)	0.008	11 (17.7)	5 (15.2)
	Hipertensão Arterial	196 (57.0)	89 (53.0)	0.392	45 (72.5)	23 (69.6)
	Renal	32 (9.3)	23 (13.7)	0.132	12 (19.3)	5 (15.2)
	Outras	248 (72.1)	134 (79.8)	0.061	51 (82.2)	29 (87.8)
Carga-Cm <sup>#</sup>	0	76 (22.1)	44 (26.2)	0.325	4 (6.4)	4 (12.1)
	1	110 (32.0)	48 (28.6)		10 (16.1)	4 (12.1)
	2	73 (21.2)	38 (22.6)		17 (27.4)	8 (24.2)
	3	43 (12.5)	17 (10.1)		9 (14.5)	6 (18.1)
	4	23 (6.7)	12 (7.1)		9 (14.5)	6 (18.1)
	≥5	19 (5.5)	9 (5.4)		12 (19.3)	5 (15.2)
Carga-Cm Bin	<3	259(75.3)	130 (77.4)	0.603	31 (12)	16 (48.5)
	≥3	85(24.7)	38 (22.6)		31 (36.5)	16 (48.5)
SCORES PRÉ-OPERATÓRIOS						
ASA-PS <sup>##</sup>	1	28 (8.1)	12 (7.1)	0.744	0 (0.0)	0 (0.0)
	2	245 (71.2)	119 (70.8)		29 (46.7)	18 (54.5)
	3	63 (18.3)	32 (19.0)		28 (45.1)	11 (33.3)
	4	6 (1.7)	5 (3.0)		4 (6.4)	4 (12.1)
	5	2 (0.6)	0 (0.0)		0 (0.0)	0 (0.0)
ASA-PS Bin	<3	273 (79.4)	131 (78)	0.718	29 (10.6)	18 (54.5)
	≥3	71 (20.6)	37 (22.0)		33 (46.5)	14 (42.4)

		DADOS DESENVOLVIMENTO Total	DADOS VALIDAÇÃO Total	<i>p</i>	DADOS DESENVOLVIMENTO Sinalizados	DADOS VALIDAÇÃO Sinalizados
		n=344	n=168		n=62 (18%)	n=33 (19.6%)
SCORES PRÉ-OPERATÓRIOS						
S-MPM <sup>###</sup>	1	16 (4.7)	6 (3.6)	0.003	0 (0.0)	0 (0.0)
	2	9 (2.6)	7 (4.2)		0 (0.0)	0 (0.0)
	3	139 (40.4)	92 (54.8)		10 (16.1)	10 (30.3)
	4	88 (25.6)	20 (11.9)		16 (25.8)	8 (24.2)
	5	33 (9.6)	24 (14.3)		7 (11.2)	6 (18.1)
	6	24 (7.0)	5 (3.0)		13 (20.9)	4 (12.1)
	7	30 (8.7)	11 (6.5)		13 (20.9)	3 (9.1)
	8	4 (1.2)	3 (1.8)		2 (3.2)	2 (6.0)
	9	1 (0.3)	0 (0.0)		0 (0.0)	0 (0.0)
S-MPM Bin	<6	285 (82.8)	149 (88.7)	0.084	33 (11.6)	24 (72.7)
	≥6	59 (17.2)	19 (11.3)		29 (49.2)	8 (24.2)
CARACTERÍSTICAS DOS PROCEDIMENTOS N [%]						
Urgente		73 (21.2)	31 (18.5)	0.465	20 (32.2)	8 (24.2)
Laparotomia		159 (46.2)	47 (28)	<0.001	44 (71.0)	18 (54.5)
Risco Cirúrgico (alto)		163 (47.4)	47 (28.0)	<0.001	45 (72.5)	18 (54.5)
Tipo de Procedimento	Ressecção Anterior do Recto	123 (35.8)	48 (28.6)	0.365	9 (14.5)	6 (18.1)
	Hartmann	30 (8.7)	10 (6.0)		10 (16.1)	4 (12.1)
	Hemicolectomia Esquerda	31 (9.0)	20 (11.9)		6 (9.6)	4 (12.1)
	Colectomia Total	37 (10.8)	18 (10.7)		15 (24.1)	5 (15)
	Hemicolectomia Direita	109 (31.7)	65 (38.7)		21 (33.8)	11 (33.3)
	Outro	14 (4.1)	7 (4.2)		1 (1.6)	3 (9.1)
	Tempo de Recobro	<24h	271 (78.8)		135 (80.4)	0.679
≥24h		73 (21.2)	33 (19.6)	38 (52.1)	19 (57.6)	

\*DPOC= Doença Pulmonar Obscstrutiva Crónica; \*\*CV= Doença Cardio-Vascular; \*\*\*CVD= Doença Cerebro-Vascular; \*\*\*\*DM= Diabetes Mellitus;

Bin=Binária; Cm= Comorbilidade; #Cm-Burden= Carga de Comorbilidades; ##ASA-PS= American Society of Anaesthesiologists Physical Status classification system; ###S-MPM= Surgical Mortality Probability Model.

Os resultados obtidos a partir do conjunto de dados de validação mantiveram-se bons com uma estimativa de AUC de 0.88 (95%CI: 0.82-0.93) e um *Brier score* de 0.11 (Tabela XI).

**TABELA XI** Resultados da análise multivariável para o conjunto de dados de validação.

PREDITORES	CONJUNTO VALIDAÇÃO	
	Estimativas OR (95%CI)	<i>p</i>
Idade	1.03 (0.98-1.08)	0.335
Carga Cm $\geq 3^*$	3.97 (1.37-12.12)	0.012
ASA-PS $\geq 3^{**}$	1.59 (0.53-4.64)	0.396
Risco Cirúrgico Alto	1.59 (0.55-4.37)	0.378
Tempo de Recobro $\geq 24$ h	10.40 (3.82-30.49)	<0.001
DESEMPENHO DO MODELO		
AUC	0.88 (0.82-0.93)	
Brier score	0.11	

\*Carga de Comorbilidades; \*\*ASA-PS= *American Society of Anaesthesiologists* Physical Status classification system

#### 2.5.3.4. Análise Multivariável (conjunto global)

O modelo multivariável foi customizado para o conjunto de dados global que engloba ambos os conjuntos de dados, o de desenvolvimento e o de validação. Os resultados estão apresentados na Tabela XII.

Tal como para o conjunto de desenvolvimento, mantiveram-se probabilidades de sinalização para CG com OR ligeiramente maiores para a variável Cm-Burden e tempo de recobro; e ligeiramente menores para as variáveis ASA-PS e Risco cirúrgico que, no entanto, mantiveram OR de risco para a probabilidade de CG. Uma outra diferença encontrada na customização ao conjunto de dados global foi que a variável Carga de Cm adquiriu significado estatístico ( $p=0.011$ ).

A AUC do modelo foi 0.86 (95%CI: 0.81 – 0.90) e o ponto de corte das probabilidades estimadas de 0.18 (acima do qual o doente deverá ser sinalizado para CG),

**TABELA XII** Resultados da análise multivariável para o conjunto de dados global.

PREDITORES	CONJUNTO GLOBAL	
	Estimativas OR (95%CI)	p
Idade	1.04 (1.01-1.07)	0.010
Carga Cm $\geq 3^*$	2.17 (1.188-3.956)	0.011
ASA-PS $\geq 3^{**}$	2.06 (1.115-3.762)	0.020
Risco Cirúrgico Alto	1.56 (0.881-2.742)	0.124
Tempo de Recobro $\geq 24h$	6.76 (3.859-11.956)	<0.001
DESEMPENHO DO MODELO		
AUC	0.86 (0.81-0.90)	
Brier score	0.11	

\*Carga de Comorbilidades; \*\*ASA-PS= American Society of Anaesthesiologists Physical Status classification system

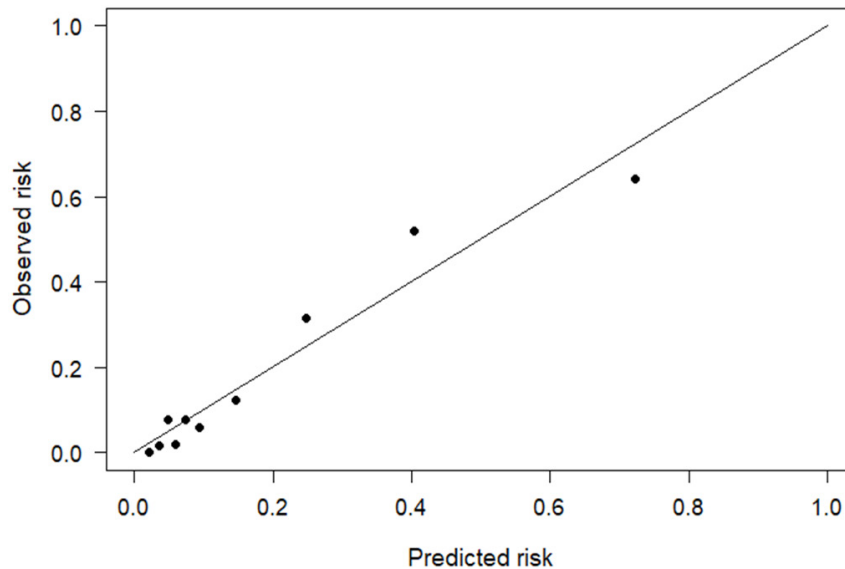
conduzindo a uma sensibilidade de 0.80 e a uma especificidade de 0.82, a um PPV de 0.49 e a um NPV de 0.95. A percentagem de classificações correctas foi 81.3% (Tabela XIII).

**TABELA XIII** Medidas de desempenho do ponto de corte 0.18 obtido pelo modelo ajustado no conjunto de dados global.

CONJUNTO GLOBAL	
Sensibilidade	0.80
Especificidade	0.82
Precisão de classificação	0.81
Valor Preditivo Negativo	0.95
Valor Preditivo Positivo	0.49

No que respeita à capacidade preditiva, o gráfico de calibração ilustrado na Figura 27 permite ver que existe uma distribuição satisfatória dos pontos que representam os grupos de doentes em torno da recta de perfeita calibração. O *score de Brier* mostra para este conjunto global de dados um discreto aumento em relação ao valor

atingido para o conjunto de desenvolvimento (0.11 vs 0.10), tal como tinha acontecido no conjunto de validação, mas mantém um valor aceitável.



**FIGURA 27** Gráfico de calibração do modelo considerando o conjunto de dados global.

As estimativas dos coeficientes obtidos por este modelo foram as usadas para estimar as probabilidades de sinalização para CG (Tabela XII).

Para estimar a probabilidade de sinalização para CG ( $\hat{\pi}$ ) foi usada a seguinte fórmula:

$$\hat{\pi} = \frac{1}{1+e^{-\hat{\eta}}}, \text{ onde } \hat{\eta} = -5.33 + 0.04 \times \text{Idade} + 0.78 \times \text{CmBurden} + 0.72 \times \text{ASA} + 1.91 \times \text{Tempo de Recobro} + 0.44 \times \text{Risco Cirúrgico},$$

e onde os coeficientes estimados foram os obtidos pelo modelo multivariável ajustado ao conjunto global de ambos os conjuntos de desenvolvimento e de validação.

Após obter  $\hat{\pi}$ , valores maiores que 0.18 apoiam a decisão para CG do doente na enfermaria.

## 3. DISCUSSÃO

### 3.1. O DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO

Uma pesquisa exaustiva da literatura permitiu verificar que os benefícios dos programas de CG ultrapassam largamente alguns inconvenientes (10,11,25,31–34, 38,40,41). Admitiu-se que, se houvesse uma restrição dos doentes a quem aplicar o programa de CG, provavelmente os inconvenientes deste programa seriam minimizados.

Assim sendo, este estudo focou-se numa identificação mais objectiva dos doentes a quem a CG seria oferecida.

Desenhou-se então o CCC dos doentes cirúrgicos no HLL. Usou-se como metodologia os modelos gráficos de linguagem BPMN. Foram identificados aspectos a melhorar e conhecimento a desenvolver, em particular a codificação do conhecimento médico usado para seleccionar os doentes do HLL para CG.

Para este desenvolvimento, usaram-se as técnicas de análise de dados descritas, numa primeira fase para construir um primeiro modelo com base em variáveis pré-operatórias e, depois, para construir um outro modelo para uso num momento subsequente (à saída do recobro) já integrando variáveis pré-operatórias e também pós-operatórias. Estes modelos estimam a probabilidade de CG do doente pela MI aquando da sua transferência para a enfermaria, tendo por objectivo apoiar a tomada de decisão por parte dos clínicos.

Redesenhou-se então o CCC com a integração destas novas ferramentas de apoio à decisão obtidas através da modelação dos dados.

No esquema apresentado na Figura 6 (Esquema representativo do triângulo determinante de um CCC específico), o triângulo tem os vértices ocupados pelos factores que influenciam o CCC específico para cada hospital. Assim, apesar do estado da arte não permitir desenhar o CCC ideal porque ele é determinado pelo triângulo “doente-intervenção-instituição” e portanto dever ser customizado para cada triângulo específico, a metodologia poderá, com as devidas adaptações (incluindo o desenho do CCC específico para cada instituição), ser utilizada para outros cenários de decisores médicos e de estratégia institucional.

Este projecto foi executado por um médico e *data-scientists* de duas faculdades diferentes em Lisboa, num projecto, como já anteriormente referido, de natureza colaborativa. De facto, o cruzamento e transferência de saberes foi determinante para permitir que a matemática e a estatística servissem o propósito do estudo de forma a constituírem instrumentos de análise que permitissem objectivar o conhecimento existente através da sua codificação.

A utilização conjunta da estatística clássica com técnicas de análises de dados recorrendo a abordagens de *machine learning* acabaram sendo determinantes para o resultado. O objectivo das técnicas de tratamento de dados neste estudo foi constituírem um instrumento, não para resolver um problema médico, mas sim para potenciar a resolução do problema de forma optimizada.

A análise dos procedimentos quantitativos é necessariamente secundária relativamente à discussão das implicações clínicas dos resultados.

O problema clínico/organizativo é complexo, uma vez que organizar o hospital de forma a satisfazer as necessidades dos doentes, sem no entanto sobre-dimensionar a estrutura para a resposta às necessidades, é difícil. Os métodos quantitativos, como instrumento, permitem ambicionar estreitar a faixa entre o sub e o sobre-dimensionamento da estrutura organizativa.

O conhecimento médico não objectivado é dificilmente transmissível e difusível. Por outro lado, os resultados quantitativos não “temperados” pela subjectividade



obrigatória do conhecimento médico podem ser atraentes, mas não serão necessariamente aplicáveis ou valorizáveis clinicamente.

A discussão que se segue desenrola-se em três secções: a secção 3.2. em que se discute o projecto de CG; a secção 3.3. em que se discute o CCC redesenhado com o conhecimento desenvolvido aplicado; a secção 3.4. em que se discutem os resultados dos modelos; e a secção 3.5. onde se apresentam duas soluções práticas de utilização das ferramentas criadas.

### **3.2. O Projecto de CG**

Com a melhoria de cuidados peri-operatórios, os doentes com doenças crónicas, muitas vezes múltiplas, têm a proposta cirúrgica considerada como se de uma rotina se tratasse, com expectativas de sucesso semelhantes a qualquer outra população cirúrgica. A manutenção de altos padrões de cuidados aos doentes com doenças crónicas tornou-se assim um desafio quando estes doentes são operados.

Vivemos numa época em que as “boas práticas”, a legislação e as expectativas dos doentes determinam que se conjuguem os valores e preferências dos doentes com a capacidade técnica dos médicos e das instituições, de forma a ser oferecido ao doente um conjunto de cuidados personalizado (201). A assinatura do consentimento informado, procedimento hoje em dia obrigatório, que na maioria das vezes tem lugar no momento da proposta cirúrgica e se repete no momento da consulta de anestesia pré-anestésica, é um momento ideal para se definir o conjunto de cuidados personalizado. A proposta do tipo de seguimento em pós-operatório deverá estar incluída na decisão partilhada entre o médico e o doente na altura da discussão do consentimento informado. O objectivo de se oferecer ao doente um “pacote de cuidados peri-operatórios”, i.e., personalizado, é um objectivo que deve ser perseguido, ainda que difícil de atingir, e deve olhar não só para a fase pré e intra-operatória, mas também para a fase pós-operatória uma vez que também nesta fase os cuidados devem ser adaptados ao risco do doente. Neste contexto, os programas de CG provavelmente vão-se generalizar e tornar-se padrão.

Em 2014 deu-se início a esta tese dada a necessidade de estruturar um projecto de CG já existente no HLL, com uma correcta identificação dos intervenores médicos e restantes elementos da equipa, e dos participantes da gestão hospitalar, bem como a definição das regras que regem a colaboração entre todos e das métricas a usar para se analisarem os resultados uma vez implementado. Tão importante como o referido acima era a necessidade de identificar os doentes que deveriam ser elegíveis para CG, sendo que este era o aspecto menos bem definido na literatura (27).

Este ano (Março 2019) o grupo de trabalho da qualidade de cuidados da Federação Europeia de Medicina Interna (*The Working Group on Professional Issues and Quality of Care of the European Federation of Internal Medicine (EFIM)*) publicou um artigo sobre a abordagem e posição oficial da EFIM na implementação de programas de CG e no qual encorajam a MI a assumir o importante papel de participar nos cuidados dos doentes cirúrgicos. O artigo intitulado “*Medical and surgical co-management – A strategy of improving the quality and outcomes of perioperative care*” descreve alguns dos aspectos da literatura que são focados nesta tese, corroborando a pertinência do tema (88).

As questões da correcta definição dos intervenores médicos, dos intervenores da gestão hospitalar, das regras que regem a colaboração entre todos e das métricas usadas para se verificarem os resultados da implementação do projecto estruturado, seriam aspectos que poderiam ser desenvolvidos apenas com recurso à exploração na literatura. Já a definição da parte interessada no projecto, ou seja, os nossos doentes, essa precisava de apoio num histórico e numa objectivação precisa.

No hospital onde o estudo decorre e na literatura, a definição de quais os doentes a seleccionar para CG é feita de forma empírica e não estruturada, baseada na experiência dos decisores que são usualmente médicos séniores. Esta forma de decisão, ainda que geralmente aceite, revela-se vulnerável à situação em que tal médico sénior não existe ou não se encontra disponível, é pouco objectiva e como tal dificilmente reproduzível, não é auditável e não contempla o apoio objectivo na decisão sempre que existem dúvidas.

Sendo que este era um aspecto que necessitava de desenvolvimento com objectivação apropriada, decidiu-se procurar o suporte matemático/estatístico para criar e desenvolver uma ferramenta de apoio à decisão baseada em informação pré-operatória e do pós-operatório imediato, para ajudar os médicos a seleccionar quais os doentes de CCR que deveriam ser sinalizados para CG com a MI na enfermaria. Desde logo, no desenvolvimento da ferramenta, adquiriu-se grande visibilidade e detalhe que permitiram inferir sobre o processo decisório.

Para a definição dos critérios de selecção dos doentes, e com o objectivo de interpretar as características do doente que interessavam e que eram as determinantes para seleccionar os doentes para CG, era importante conseguir ter uma população para trabalhar relativamente homogénea de forma a controlar (minimizando) o tipo e número de potenciais factores de confundimento.

Foi feita a restrição dos doentes para o estudo ao tipo de procedimentos, apenas CCR, ao local de execução do procedimento, num único centro hospitalar e ao período de tempo a que os dados diziam respeito, de Janeiro de 2012 a Dezembro de 2015 (4 anos).

Quanto à restrição ao tipo de procedimentos, ainda que dois procedimentos nunca sejam iguais entre si, podem ter semelhanças clínicas suficientes para aceitarmos que sejam colocados no mesmo grupo no que respeita à decisão de seleccionar para CG. Há a noção clara de que há procedimentos para os quais nem se questiona que a CG dos doentes é necessária, como é o exemplo de uma duodenopancreatotomia; e, inversamente, há procedimentos para os quais a questão de não ser seleccionado para CG também não levantará dúvidas, como por exemplo de uma apendicectomia ou uma herniorrafia. Assim, foi preciso encontrar equilíbrio entre a diversidade de intervenção e homogeneidade das mesmas em termos de consequências e insultos para o doente. A decisão de escolher a CCR foi assim baseada apenas na experiência clínica e na procura de um compromisso entre o número de doentes existentes no HLL e a restrição de procedimentos que permitisse, desejavelmente, retirar conclusões baseadas essencialmente na variabilidade da situação clínica dos doentes. Do racional acima explanado, resultou a restrição feita ao tipo de procedimentos a que a população do estudo foi sujeita.

Sendo que o CCC é específico da instituição, é uma necessidade absoluta a restrição a um centro único, acrescentando as vantagens de: i) a heterogeneidade dos cirurgiões interventores ser menor, pelo que mais controlada e ii) a decisão de sinalizar o doente para CG feita pelos intensivistas e pelos anestesistas ser limitada a 2-3 elementos no HLL e, portanto, também mais controlada.

A última restrição foi a de limitar no tempo os doentes a analisar. Esta limitação foi equacionada pois a janela temporal considerada corresponde a um momento no tempo no qual o hospital, embora ainda jovem na sua existência, já se apresentava estável no seu crescimento (a funcionar em pleno com uma taxa de ocupação estável) e com as equipas de cirurgia, de MI e de anestesia também estáveis.

Foi feito o estudo da bibliografia existente com a definição precisa de qual a informação a colher dos PCE dos doentes para a construção da base de dados. Foram definidas as variáveis necessárias, analisada a pertinência e exequibilidade da colheita das mesmas, colhidas e registadas. A selecção inicial das variáveis foi feita com recurso à informação existente na literatura e com o contributo do questionário feito aos interventores.

Há estudos comparando a referenciação médica com a referenciação por modelos preditivos na selecção de doentes para programas de gestão integrada de cuidados e que mostraram que a combinação das duas abordagens pode ajudar a ultrapassar as limitações de cada um dos métodos. No entanto, a maioria destes estudos tem como objectivo seleccionar os doentes de forma a optimizar os custos de cuidados e de forma a ultrapassar inequidades na selecção, sendo feitos numa perspectiva de gestão e não numa perspectiva clínica (202,203).

Que seja do nosso conhecimento, este é o primeiro estudo a considerar como objectivo a decisão prática de oferta do melhor nível de cuidados em doentes operados.

Apesar de o ambiente organizacional e estratégico onde o estudo foi feito ser relevante para o desenvolvimento efectuado, a metodologia é autónoma e padronizada consistindo em:

- 1.º Mapear, para identificar questões a modificar e trabalhá-las,
- 2.º Codificar o conhecimento que seja necessário,
- 3.º Aplicar na organização.

Pese embora a metodologia e conceitos deste estudo sejam independentes dos modelos matemáticos/estatísticos que dão lugar ao instrumento de apoio à decisão criado neste projecto de investigação, também é a ferramenta criada neste trabalho que sugere a via para a optimização da estrutura de apoio e seguimento do doente cirúrgico internado.

A ferramenta é aplicável em locais onde há, e onde não há, CG, uma vez que a identificação dos doentes para quem o serviço deve ser oferecido é independente da existência do serviço e tão só indicadora do conhecimento de que há vantagem em oferecê-lo.

Se for estratégia do hospital admitir e tratar doentes de risco, então deverá organizar o hospital para, de forma segura, responder aos doentes que desenvolvem complicações após a cirurgia. Se a estratégia do hospital, pelo contrário, for a de operar doentes não complexos, a ferramenta pré-operatória proposta neste trabalho permite definir quais os doentes que deve operar dado o seu elevado valor preditivo negativo (NPV) de 93% aceitando sobretudo ou apenas os de sinalização negativa.

Assim, a ferramenta de selecção pode permitir optimizar o uso de uma rede hospitalar como é o caso da rede do grupo do HLL. Na verdade, usando o modelo das variáveis pré-operatórias na consulta de anestesia, qualquer que seja a clínica da rede hospitalar onde a consulta decorra, pode definir-se o local da rede mais apropriado para a intervenção, em função das necessidades previstas de CG. Assim, consoante as necessidades do doente na enfermaria no pós-operatório de ter ou não CG, o doente poderia ser encaminhado para ter o seu tratamento cirúrgico na unidade hospitalar da rede mais apropriada para oferecer as condições necessárias para o pós-operatório. Este potencial controlo de gestão integrado, com o foco na individualização de cuidados ao doente, pode ser proporcionado pelo trabalho desenvolvido nesta investigação.

Tipicamente, um hospital que ofereça cirurgia *major* não ambulatoria deverá conseguir oferecer toda uma gama de diferentes ambientes de cuidados pós-operatórios: cuidados intensivos de nível 3; cuidados intermédios de nível 2; unidades de cuidados pós-operatórios de estadia curta (uma noite) com cuidados pontuais de nível 3; cuidados diferenciados de enfermaria; uma equipa de medicina peri-operatória (99). Alguns doentes precisam de cuidados de alta vigilância imediatamente após a cirurgia e estes doentes são tipicamente admitidos nas UCIs por 24 a 48 horas após a cirurgia; mas muitos doentes cirúrgicos não precisam de todas as instalações que uma UCI oferece. Na verdade, seria mais eficiente e adequado para muitos doentes o recobro ser feito em unidades mais simples, equivalentes em Portugal às UCints e uma capacitação da enfermaria com cuidados médicos e de enfermagem adequados para receber os doentes à saída precoce destas unidades.

A customização destas ideias a cada instituição permitirá fazer a evolução necessária do movimento de organização hospitalar no sentido das boas práticas.

Para reduzir a morbilidade e a mortalidade cirúrgicas, devem ser consideradas estratégias que englobem a abordagem em vários ângulos que se complementam e não se excluem mutuamente, tais como:

1. Estratégia de estratificação que identifique os doentes em risco e que seja precisa, simples e fácil de utilizar de forma a garantir a sua implementação (106),
2. Estabelecimento de CCC que permite garantir o melhor contexto para o acompanhamento clínico do doente,
3. Organização necessária para que, de forma precoce, se detectem complicações e se abordem adequadamente.

Com o risco peri-operatório a parecer estar concentrado num pequeno subgrupo de doentes cirúrgicos, a detecção precoce no CCC destes indivíduos é seguramente importante. A identificação e o enfoque nestes doentes cirúrgicos que têm maior risco de complicações deve aumentar a sua “visibilidade” de forma a poderem ser

tomadas atitudes quer preventivas de complicações, quer profiláticas de detecção precoce dessas mesmas complicações. Mesmo uma baixa taxa de complicações evitáveis será associada a dano e o impacto a longo prazo deste dano pós-operatório de curto prazo é significativo. A alocação de recursos pós-operatórios individualizados implica um movimento para além da prática corrente.

Este estudo acrescenta conhecimento no que respeita às medidas práticas para reduzir o FTR dos doentes cirúrgicos e, simultaneamente, para ter uma atitude preventiva em relação ao controlo das Cm numa população cirúrgica que está cada vez mais envelhecida. O conhecimento profundo do risco do doente pode ajudar ao processo de decisão partilhada, ao planeamento apropriado do CCC peri-operatórios e ao realce de áreas de melhoria na prestação de serviços.

Apesar de questões estruturais poderem ser optimizadas, esforços para melhorar factores humanos podem ser uma abordagem de grande valor para reduzir o FTR. A CG promove o trabalho de equipa que é uma medida subvalorizada (por difícil de medir) mas muito importante para a redução do FTR (204).

O número crescente de intervenções cirúrgicas que provavelmente acontecerá nos próximos anos aumentará os números absolutos e os benefícios que qualquer melhoria na prevenção e gestão das complicações pós-operatórias possam trazer.

Os cuidados prestados a um doente cirúrgico que desenvolve complicações após a cirurgia custa em média 2-3 vezes mais que os cuidados sem elas (205–209). Os custos estão tipicamente concentrados numa pequena proporção de episódios com alto nível de complexidade. Esta questão, que é de facto de natureza clínica, acaba por ter pontos de encontro com interesses que são da gestão hospitalar e da sustentabilidade e consciência social de todos nós.

A literatura aborda cada vez mais a necessidade de se orientarem os estudos e as investigações em medicina pela mudança de paradigma até aqui existente. Deixou de ser a mortalidade a variável de resposta que interessa medir, para passarem a ser os *Patient Related Outcome Measures* (PROMs) (por exemplo a sobrevivência sem

incapacidades) e a segurança do doente. Perceber a perspectiva do doente nos seus cuidados de saúde é essencial para avaliação da qualidade.

De facto, as partes interessadas de um projecto de CG devem ser não só os médicos e outros profissionais envolvidos no projecto mas sim, e cada vez mais, os doentes.

A prestação de cuidados baseada no risco de eventos adversos para os doentes – abordagem dirigida ao risco – é muito importante para a melhoria do valor de serviço prestado em saúde, o que é essencial numa altura em que a procura é crescente e os recursos limitados. Apesar de isto parecer evidente, muitos dos aspectos dos cuidados médicos estão organizados por especialidades e/ou procedimentos em vez de estarem centrados no doente. A gestão de cuidados em volta dos silos dos especialistas, e portanto baseada na conveniência do prestador, é cada vez mais reconhecida como sendo conducente a ineficiência e ineficácia em vez de servir o melhor interesse dos doentes.

A necessidade de usar a capacidade instalada dentro dos hospitais para reduzir a variação de sucesso e melhorar o resultado do doente após cirurgia é uma solução que a medicina peri-operatória fornece e que envolve um trabalho multidisciplinar (com participação da anestesia, da cirurgia geral e da MI) orientado para o doente e os resultados que ao doente importam.

### **3.3. Circuito clínico de cuidados — Modelo *To-Be***

Com o modelo de descrição gráfica do circuito do doente proposto para CCR no HLL utilizando a linguagem BPMN, foi possível definir de forma precisa os locais onde a intervenção que motivou a criação dos modelos deste trabalho devia ter lugar.



Assim, clarificou-se que os locais de definição dos doentes para CG seriam:

1. Na consulta de anestesia para definir se na enfermaria o doente deve ter CG com a MI, independentemente do local onde faça o recobro. Aqui aplica-se o modelo das variáveis pré-operatórias a que se chamou Ferramenta de Apoio à Decisão (FAD) – pré-operatório.
2. No fim das 24h de recobro pós-operatório, caso tenha sido efectuado numa unidade de vigilância mais prolongada (UCI ou UCint) – aqui aplica-se o modelo que tem variáveis pré e pós-operatórias a que se chamou Ferramenta de Apoio à Decisão (FAD) pós-operatório.

Percebeu-se também que:

1. O termo de responsabilidade solicitado à entidade pagadora deveria ser feito pelo cirurgião na altura em que propõe a cirurgia, mas reajustado pelo anestesista na altura da consulta de avaliação pré-anestésica em que decidirá (desejavelmente usando o apoio do FAD pré-operatório) se o doente deve ser orientado para CG.
2. Clarificou-se ainda que, a decisão deverá ser comunicada à gestão para que intervenha no processo de articulação com a entidade pagadora e introduziu-se uma ligação neste caso a um subprocesso que deverá ser definido pela gestão.

Foram então refeitos os gráficos/diagramas BPMN com a inclusão do local de aplicação das FAD, ficando assim criados os “modelos *To-Be*”.

Reproduzem-se apenas as fotografias dos gráficos nas quais as FAD se aplicam, primeiro com as fotografias dos gráficos dos processos ampliados: Processo 1 – Avaliação pré-operatória (Figura 29), processo 3 – Recobro (Figura 30) e, processo 4 – Enfermaria (Figura 31). Em último lugar, a fotografia do macroprocesso (Figura 32 e Figura 33).

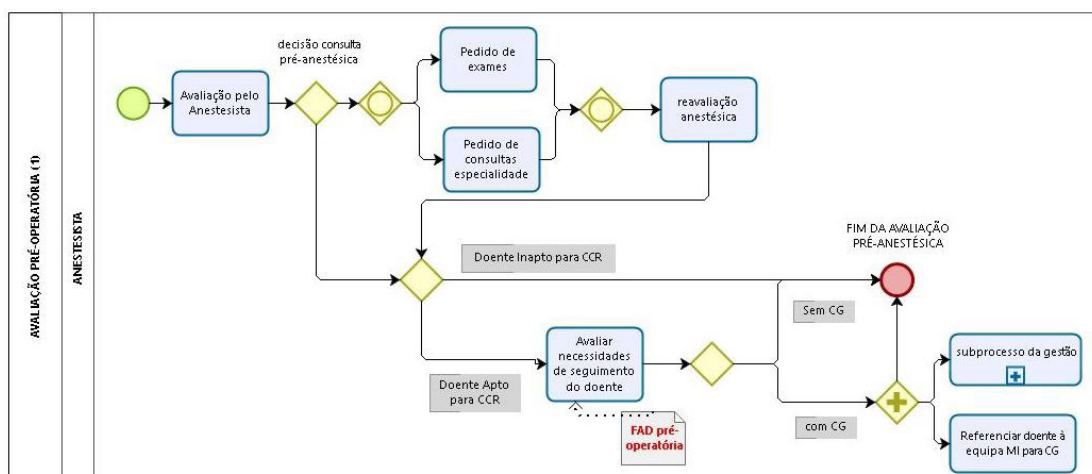
Os modelos foram introduzidos nos gráficos em forma de documentos (Figura 28) e são:



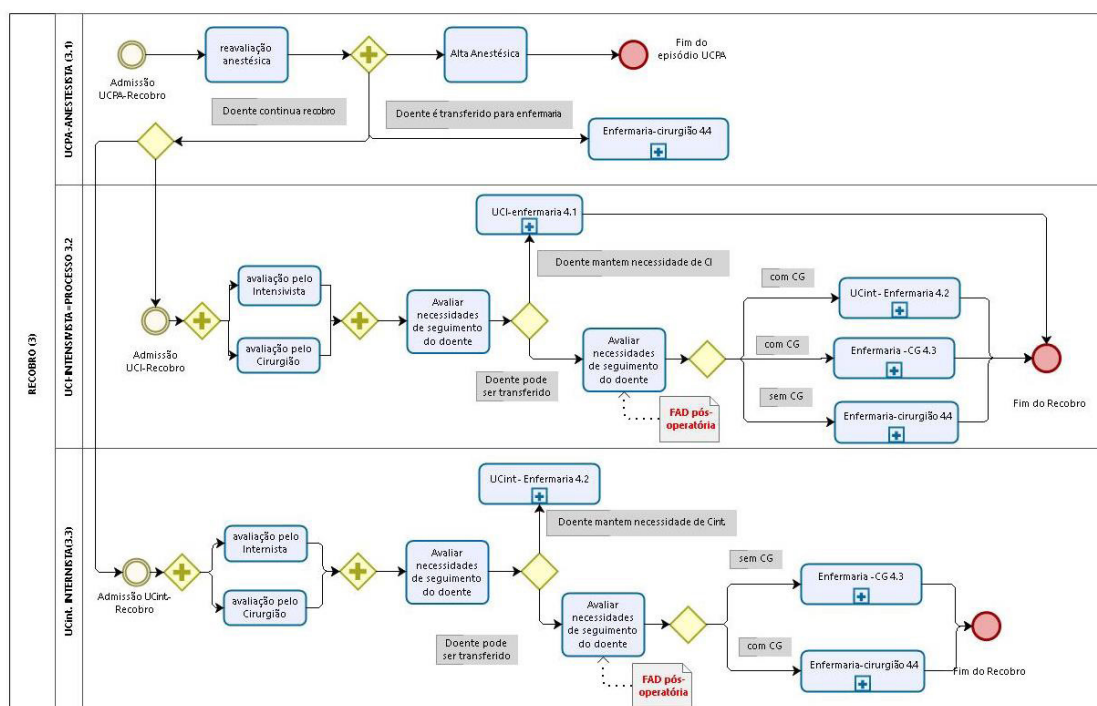
**FIGURA 28** Documentos de dados com Ferramenta de Apoio à Decisão (FAD) introduzidos nos gráficos *To-Be*.

No processo 1 referente à avaliação pré-operatória no gráfico *To-Be* (Figura 29), mantém-se a descrição tal como feita na Figura 16, mas caso o doente seja considerado apto para CCR a FAD pré-operatória poderá ser aplicada para apoiar a decisão de o doente ter ou não CG na enfermaria. O fluxo conduz a uma decisão paralela que dá origem a três destinos, todos executados em paralelo: um destino consiste no fim da avaliação pré-anestésica, outro destino consiste em referenciar a equipa de MI para CG do doente na enfermaria e, o terceiro destino que consiste em comunicar à gestão a decisão clínica tomada para que se siga o sub-processo da gestão. Este é um novo subprocesso independente e que deverá ser desenhado pela equipa de gestão.

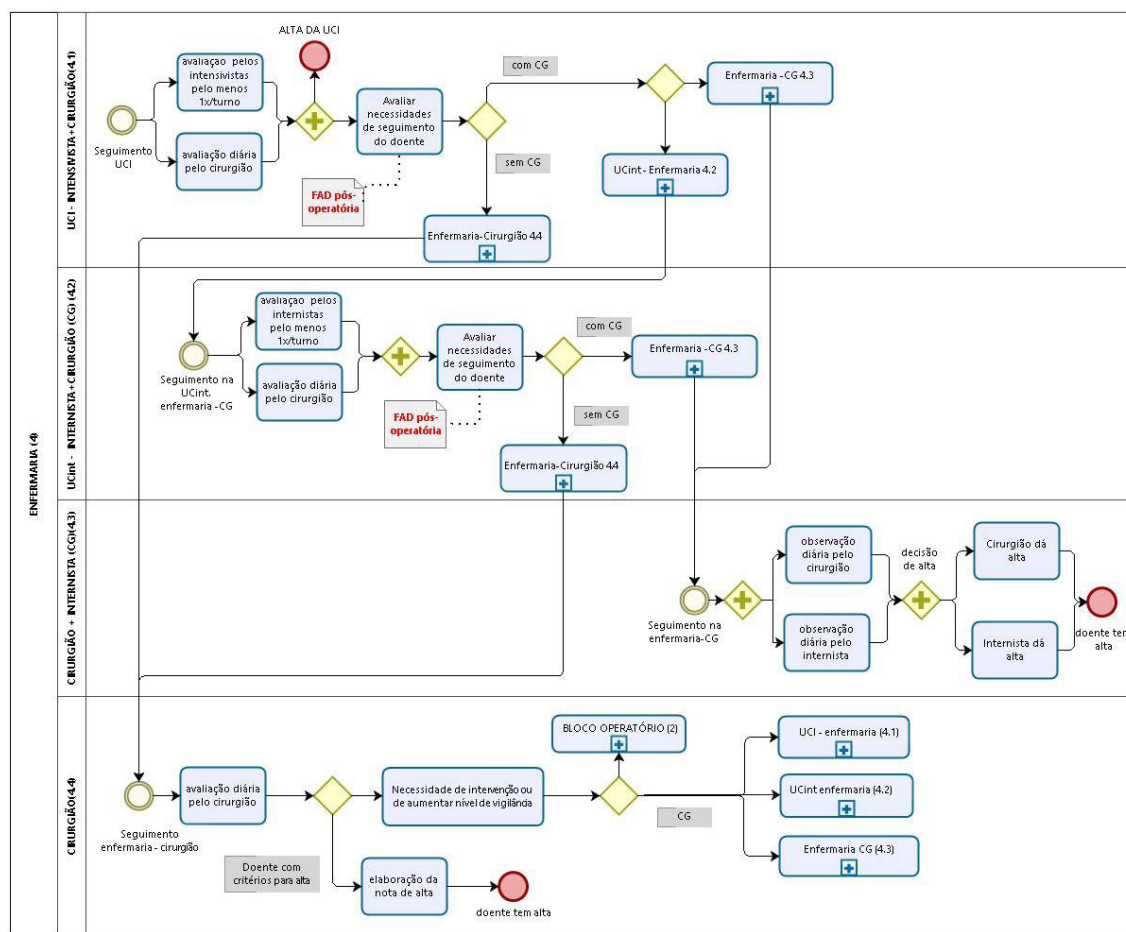
A Figura 30 mostra a fotografia do processo 3 — Recobro — o gráfico do modelo *To-Be*. O processo mantém a descrição tal como feita para na Figura 18, sendo que a única alteração que existe em relação ao modelo *as-is* é que na decisão exclusiva de sinalização ou não do doente à MI, o documento FAD pós-operatória é considerado na decisão tomada.



**FIGURA 29** Processo 1 — Avaliação pré-operatória — Gráfico *To-Be*. Introdução da FAD pré-operatória e fluxo subsequente com a introdução do subprocesso da gestão.



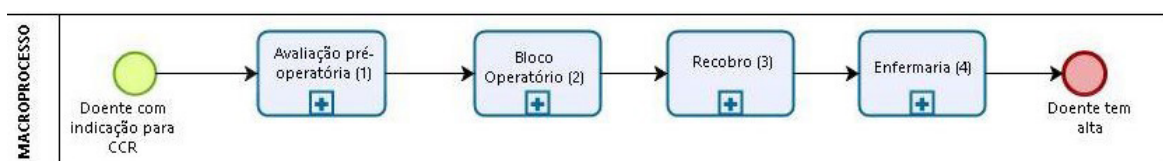
**FIGURA 30** Processo 3 — Recobro — Gráfico *To-Be* com a introdução da FAD pós-operatória.



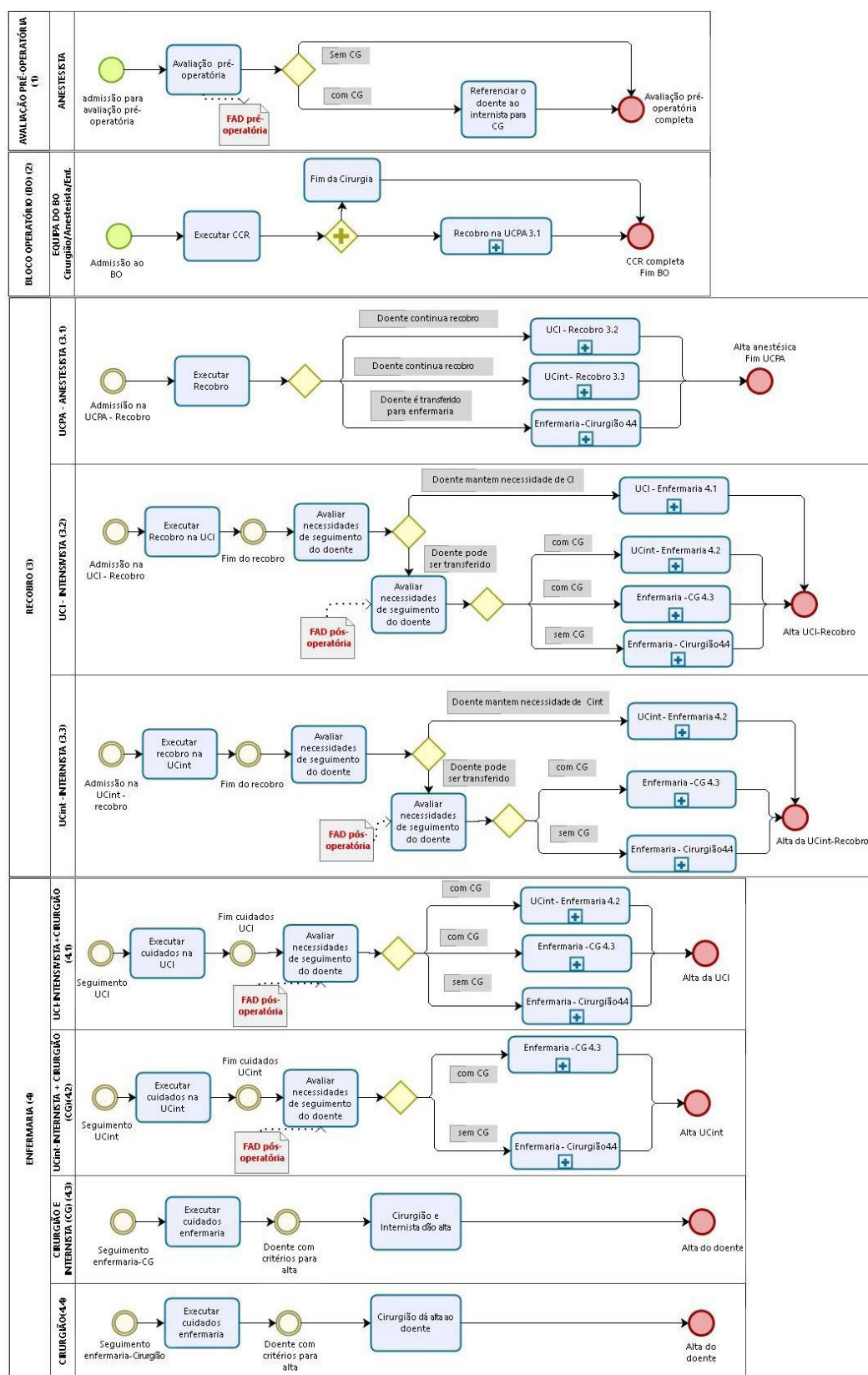
**FIGURA 31** Processo 4 – Enfermaria – Gráfico *To-Be*. Introdução da FAD pós-operatória na decisão.

A Figura 31 mostra a fotografia do processo 4 – enfermaria – o gráfico do modelo *To-Be*. O processo mantém a descrição tal como feita na Figura 21, sendo que tal como no processo 3 – Recobro, a alteração que existe em relação ao modelo *as-is* é que na decisão exclusiva de sinalização ou não do doente à MI o documento FAD pós-operatória é considerado na decisão tomada.

A Figura 32 mostra o macroprocesso do CCC do doente cirúrgico sendo o detalhe do conjunto de processos dado na Figura 33.



**FIGURA 32** Macroprocesso do CCC.



**FIGURA 33** Detalhe do conjunto dos processos que compõem o macroprocesso — Gráfico *To-Be* — com a introdução da FAD pré-operatória e da FAD pós-operatória nos locais de decisão do tipo de seguimento.

### 3.4. OS MODELOS

A metodologia usada e aqui desenvolvida para a estruturação de um projecto de CG é reprodutível em qualquer instituição.

A descrição de processos e do CCC deve ser sempre o passo inicial nestes projectos. O recurso aos gráficos, que usam uma linguagem facilmente inteligível pelos vários interventores, permite identificar de maneira precisa os problemas existentes e as melhorias a serem propostas. Uma vez as propostas de melhoria trabalhadas, os procedimentos, processos e CCC são redesenhados com base nas conclusões dos passos anteriores.

A metodologia usada na construção dos modelos tem grande valor acrescentado, uma vez que identifica o conhecimento implícito existente na organização e constrói o modelo que traduz de uma forma objectiva o que é feito na prática da organização.

Não obstante, quer a construção e selecção de variáveis quer a análise de resultados tem de ser feita necessariamente à luz da informação, razoabilidade e coerência clínicas. Assim, neste projecto, as variáveis escolhidas foram especialmente ditadas por racional clínico, mas acabaram obtendo sempre a validação do suporte estatístico da criação dos modelos.

Os modelos funcionam como sistemas de apoio à decisão, não substituem o médico mas antes suportam e objectivam a decisão clínica baseada em experiência. Acresce que, em situação de indecisão, poderão ser um suporte indicativo para a tomada da decisão.

Em todas as fases do trabalho manteve-se sempre o objectivo de que as ferramentas tinham que ser coerentes com o conhecimento médico e a experiência clínica e deveriam ser fáceis de aplicar de modo a ter utilidade.

Todas as experiências de modelação criadas nas quais os resultados dados pelos modelos não estavam de acordo com o que tinha sido feito no hospital levaram a uma análise clínica dos casos.

A selecção dos modelos finais tem em conta os resultados destas análises clínicas.

Uma ilação retirada das sucessivas reapreciações do PCE dos doentes que surgiam mal classificados pelos modelos nas fases de experiências é que, em vários casos, as Cm pré-operatórias que se tinham registado individualmente não eram seleccionadas nas simulações dos modelos para exigir a sinalização mas, quando se considerava o conjunto das Cm consideradas pelo seu número, o doente passaria a ser sinalizado.

A hipótese de que a escassa representatividade que as diferentes Cm tinham na população em estudo fosse determinante para a sua não selecção trouxe vários constrangimentos na fase inicial da construção dos modelos, uma vez que, frequentemente, ou variáveis importantes não eram seleccionadas, ou eram seleccionadas algumas com peso diferente de outras igualmente importantes ou até mais importantes à luz do conhecimento médico.

Admitimos inicialmente que a dimensão da base de dados era o factor contributivo mais significativo para este achado. No entanto, verificámos que na literatura também isto se passava. De facto, mesmo em bases de dados de muitos doentes, as Cm seleccionadas pelos modelos estatísticos muitas vezes não são concordantes com o raciocínio clínico.

Exemplo disto é o que acontece na base de dados europeia (envolvendo 28 países Europeus entre os quais Portugal) do estudo multicêntrico “*European Surgical Outcomes Study*” (EuSOS) que incluiu apenas doentes admitidos nas UCIs para pós-operatório e que reuniu uma população de mais de 46000 doentes não seleccionados (14,140). O que se verificou no estudo EuSOS foi que as únicas Cm que foram seleccionadas pelos modelos foram a cirrose hepática e a doença metastática, mesmo sendo *a priori* apenas considerados os doentes que foram para as UCIs. O objectivo

primário do estudo era a mortalidade intra-hospitalar e os secundários a duração de internamento e a readmissão não programada para a UCI.

Assim, constatando que o problema não estava na dimensão da amostra, nem na representatividade existente de cada Cm isolada na população do estudo, a solução encontrada de utilizar a carga de doença (Cm-Burden) que o doente carrega consigo para a sala operatória é a que mais se adequa ao raciocínio clínico que usamos no hospital, sobretudo tendo em vista que o objectivo é a selecção para CG e não a mortalidade.

Acresce que as simulações mostraram que esta variável tem uma relação de risco significativa com a variável resposta (doentes com três ou mais Cm tiveram uma possibilidade de sinalização para CG duas vezes maior). Assim, podemos inferir que uma carga de Cm com valor  $\geq 3$  representa de forma directa uma carga de doença detectável e conhecida mas também poderá traduzir de forma indirecta a afecção subclínica de outros órgãos ou sistemas que poderão claudicar em situação de agressão cirúrgica como reflexo de uma baixa reserva funcional.

A escolha da utilização da carga de Cm teve ainda como motivação o facto de não haver disponíveis na literatura índices ou *scores* que fossem utilizáveis de forma adequada para o objectivo deste estudo. Importa reforçar que os *scores* CCI e Lee-RCI, ainda que amplamente validados, não foram considerados para este estudo, uma vez que:

1. Ambos estimam mortalidade, o que não é adequado para este estudo.
2. O Lee-RCI é um *score* específico de órgão (apenas para eventos cardíacos *major*) o que é manifestamente insuficiente para este estudo.
3. Quer o CCI quer o Lee-RCI são *scores* antigos e que estão desactualizados em relação ao conhecimento médico actual. Ambos não consideram algumas Cm que do ponto de vista clínico são importantes, sobretudo se se pretende estimar morbilidade que exija supervisão clínica. É o caso, entre outras, da doença cardiovascular não coronária (arritmias, doença valvular), das doenças psiquiátricas e neurológicas (D. Parkinson, epilepsia, depressão *major*, psicose, abuso de substâncias psicotrópicas) e da hipocoagulação.



4. O CCI não é aplicável em ambiente de prática clínica por ter demasiadas variáveis e com diferentes pesos.

Consciente de que um sistema que pesa de igual forma cada uma das doenças falha na identificação de diferenças prognósticas que podem ser importantes, optou-se mesmo assim por privilegiar a simplicidade em detrimento da complexidade e da maior precisão do poder da variável, para conseguir ter a representação destas variáveis no modelo que nos propusemos a construir.

Quanto à escolha do ponto de dicotomização  $C_m \leq 3$  ou  $C_m \geq 3$ , a justificação decorre da utilização do método *Minimum p-value approach*, também usado para dicotomizar a variável ASA-PS em  $ASA-PS \leq 3$  ou  $ASA-PS \geq 3$ . Na verdade, também na literatura (estudo EuSOS) este foi o nível do *status* ASA que foi encontrado como tendo uma relação de risco com a variável resposta daquele estudo, traduzindo assim o ponto de dicotomização a partir do qual a mortalidade tem um risco acrescido.

A escolha da escala de risco cirúrgico foi porventura o maior desafio que se encontrou. A decisão de qual a escala de risco a usar foi uma decisão difícil, uma vez que, como dito na secção 1.5.1.2. desta tese, todas as escalas existentes hoje em dia enfermam do problema de sobrestimarem a mortalidade e a morbilidade. Isto acontece sobretudo porque os modelos existentes são antigos, estão feitos para cirurgias abdominais abertas e não contemplam a redução do insulto fisiológico e cirúrgico das abordagens mais actuais minimamente invasivas (tal como a cirurgia laparoscópica) e a melhoria dos cuidados pós-operatórios. Assim, são necessários novos modelos para prever com precisão o risco de resultados adversos em pacientes submetidos a cirurgias abdominais *major*.

A semelhança (ainda que não perfeita) entre a classificação de risco da escala de risco usada no S-MPM e os resultados dos questionários aos cirurgiões do hospital, acabou por justificar a escolha da classificação de risco utilizada naquela escala para solucionar o problema.

### 3.4.1. O modelo das variáveis pré-operatórias

A tentativa inicial de construção de um primeiro modelo multivariável revelou que não foi possível construir um modelo de regressão logística com um bom desempenho e, simultaneamente, clinicamente coerente com o conhecimento geral e a literatura. A maioria das variáveis categóricas, que eram clinicamente importantes, tinham uma representatividade limitada na base de dados (sobretudo, pela baixa frequência individual de várias das Cm) e, com a dimensão de amostra existente, não eram seleccionadas para ficarem incluídas no modelo. Assim, o modelo ficava com baixo significado clínico e adicionalmente revelou-se com baixo poder discriminativo e preditivo. A reflexão sobre a solução a implementar para avançar no projecto nesta componente de modelação acabou por conduzir à fase seguinte do desenvolvimento deste trabalho.

Nesta fase foi feita a parceria de colaboração com o departamento de engenharia mecânica do IST na área de «Fuzzy Systems TC, IEEE Computational Intelligence Society». A sigla IEEE, que se pronuncia “*Eye-triple-E*”, refere-se a Instituto de Engenharia Eléctrica e Electrónica. É uma organização profissional que tem origem numa fundação criada nos EUA em 1884 na altura em que a indústria eléctrica dominou a ciência através do telégrafo e, mais tarde, do telefone e que permitiram ligar o mundo com um sistema de comunicação de dados muito mais rápido que a velocidade de transporte até aí existente. Hoje em dia, a IEEE corresponde à maior organização profissional técnica do mundo e inclui para além de engenheiros, *data scientists*, físicos, médicos e muitos outros grupos profissionais. Por este motivo, a organização mantém o seu nome legal com a sigla, mas já não funciona como acrónimo.

Foi desenvolvido o trabalho descrito no corpo da tese e que conduziu à publicação de dois artigos:

- › A primeira publicação, um artigo de conferência intitulado “*Multistage modeling for the classification of numerical and categorical datasets*” publicado na revista “*conference proceedings*” da conferência FUZZ-IEEE 2017, publicada pela IEEE.

- › A segunda publicação intitulada “*Clinical decision support tool for Co-management signalling*”, na revista *International Journal of Medical Informatics – special issue: Collaborative Data Science in Healthcare*.

Nos estudos iniciais, verificámos que a análise sem as variáveis binárias dava melhores resultados (200). No entanto, tal conduziria a uma queda importante de significado clínico do modelo por excluir as Cm representativas da história clínica patológica do doente e que estavam representadas como variáveis binárias. Para além do explicado acima, este foi mais um argumento para usar a variável Cm-Burden, de forma a preservar a coerência e razoabilidade clínica global.

Foram testados vários tipos e estratégias de modelação. Foram avaliados modelos de RL, modelos TS e o conjunto destes métodos.

Nos modelos de TS, para explicar a falta de melhoria com a introdução da terceira regra, que clinicamente era intuitiva, postulámos que é possível que o facto de o modelo já incluir o *score S-MPM* que é uma variável que integra em si a informação da urgência da cirurgia poderia, de facto, estar a tornar esta variável redundante e, por isso, acabar não sendo seleccionada enquanto independente.

O método no qual as variáveis binárias foram separadas das não binárias e se usaram diferentes técnicas para as trabalhar é um método original criado pelo grupo de investigação e publicado no artigo de conferência (2017 IEEE Int Conf IEEE) “Multistage modeling for the classification of numerical and categorical datasets” (210) e no artigo publicado na revista *International Journal of Medical Informatics* “Clinical decision support tool for Co-management signalling” (211).

A discussão à volta do problema da dificuldade de emanar um modelo matemático da decisão clínica empírica já existente no hospital levou a várias reflexões sobre o método de tratamento dos dados, tendo-se chegado ao método de 2 estádios (MS), com o *ensemble* de dois modelos no segundo estádio.

Com esta modelação atingimos boas medidas de desempenho. As variáveis que entram nos modelos são quatro variáveis não binárias: *Age*, *ASA*, *S-MPM* e *Cm-Burden* (210,211).

#### 3.4.1.1. O método

O treino nos modelos MS assentou numa fase supervisionada de pré-treino seguida de uma fase de re-treino. A fase de pré-treino serviu o propósito de transformar um espaço de grande dimensão de variáveis binárias numa variável única, numérica, que ajudava a prever a resposta na fase de re-treino subsequente. Neste trabalho a transformação supervisionada do espaço da informação de entrada (*input*) através de um modelo MS foi de facto melhor que usar directamente as variáveis como informação para um modelo simples. Esta fase de pré-treino permitiu também identificar as observações cujo resultado é mais difícil de classificar e, assim, no estadio seguinte utilizá-las para o 2.º modelo do 2.º estadio. Esta técnica melhorou a capacidade discriminativa de todo o sistema.

Atendendo a que os resultados dos modelos MS com agrupamento de dois modelos no 2.º estadio são semelhantes, sejam os modelos do 2.º estadio modelos de RL ou modelos *Fuzzy-TS*, pode-se concluir que a forma como o problema foi estruturado e a forma como os dados da base de dados foi dividida foi mais relevante para a solução final do que propriamente o tipo da técnica de modelação. Apoia também esta conclusão o facto de termos abandonado a estratégia inicial de usar *ME*<sup>1</sup> para transformar dados binários em numéricos, sem perda de desempenho dos modelos. Em particular, a utilização do agrupamento de 2 modelos no 2.º estadio permitiu depurar o modelo do segundo estadio de doentes que ficavam classificados com baixo nível de confiança e tratá-los de forma separada permitindo assim não influenciar negativamente o resultado.

Esta metodologia é seguramente aplicável em outros cenários. A sua aplicabilidade a outra instituição está no entanto dependente da definição do que se considera que deve motivar a sinalização para CG que é uma selecção empírica, para que os modelos possam ser construídos para essa variável resposta. Adicionalmente, é necessário primeiro desenhar o CCC dos cuidados ao doente cirúrgico para

se definir de forma precisa os locais onde se pretende aplicar a ferramenta e quem a vai aplicar.

Mesmo que não exista CG no hospital onde se pretenda aplicar a ferramenta, o nível de cuidados pós-operatório fica definido em consulta de anestesia pré-anestésica.

O modelo MS proposto atinge uma melhor sensibilidade que os modelos individuais, mas à custa de uma maior complexidade.

#### 3.4.1.2. A relevância clínica dos resultados

O modelo é simples de usar, usa poucas variáveis e as que usa são apenas de colheita clínica directa sem necessitar de testes, pelo que é facilmente aplicável num cenário de cabeceira do doente e não apresenta custos adicionais para a sua implementação.

Tem a óbvia vantagem de ser aplicável em fase pré-operatória permitindo ainda nesta fase ter, por parte do médico, a consciência do nível de vigilância que deve ser oferecido ao doente no pós-operatório. Com esta tomada de consciência a informação é mais objectiva e informada permitindo o planeamento adequado dos cuidados.

Da análise do gráfico de calibração verifica-se que o modelo está bem calibrado para probabilidades previstas abaixo de 0.6, mas não para valores mais altos.

O facto de o modelo estar mal ajustado para valores acima de 0.6 não é preocupante por duas ordens de razões. Primeiro, o desvio da linha ideal de calibração é devido à presença de falsos positivos, que são classificações erradas menos preocupantes clinicamente (é muito menos preocupante dizer que um doente precisa de CG e de facto depois não precisar do que dizer que o doente não precisa de CG quando de facto precisava). Em segundo lugar, o desvio da curva ideal é devido a um muito pequeno número de falsos positivos (menos de 5) o que também mitiga a importância deste achado, aparentemente preocupante numa primeira abordagem.

A ferramenta confere confiança e orientação aos médicos e permite objectivar e codificar a decisão empírica, uniformizando atitudes e comportando-se assim como uma ferramenta de apoio à decisão.

Na prática médica a avaliação clínica dos doentes é feita com recurso a vários auxiliares que são utilizados por degraus sucessivos de objectivação dos dados que são colhidos. Começa habitualmente por uma história clínica incluindo o exame físico e são depois solicitados, conforme as necessidades, os diferentes exames auxiliares de diagnóstico para confirmar as hipóteses diagnósticas colocadas. Estes exames auxiliares do diagnóstico só ocasionalmente afirmam a doença de forma positiva quando usados individualmente, sendo que o mais frequente é usar-se um conjunto de exames e complementar as várias informações. Há no entanto exames auxiliares de diagnóstico que, isoladamente, têm grande valor diagnóstico pelo seu valor preditivo negativo, permitindo, quando negativos, serem muito informativos para exclusão de hipóteses de diagnósticas levantadas no exercício de diagnóstico diferencial. Nesta perspectiva, um modelo preditivo que tenha um alto valor preditivo negativo, poderá ser em determinadas situações mais interessante do que um modelo que tenha um valor preditivo positivo modesto.

O modelo de variáveis pré-operatórias tem um NPV de 0,93, que indica que se um doente não for sinalizado para CG, a probabilidade do modelo estar correcto é muito alta. Esta medida preditiva é, do ponto de vista clínico, interessante e muito adequada para uma ferramenta que tem o objectivo de planear em fase pré-operatória o nível de cuidados no pós-operatório, oferecendo confiança da decisão.

Identificaram-se 4 cenários clínicos aos quais se pretende que a ferramenta dê resposta:

1. Doentes que foram sinalizados para CG de CG e tiveram-na — aqui pretende-se identificar precocemente (na consulta de anestesia) estes doentes facultando ao doente a atitude que cremos ser a boa prática. O nosso modelo tem uma sensibilidade de 0,74 e especificidade de 0,78 com uma AUC de 0,81.
2. Doentes que não foram sinalizados para CG e não a tiveram — aqui pretendemos identificar estes doentes correctamente permitindo gerir recursos

logísticos e humanos e dispensando a CG que não seria necessária, i.e. evitar a sobre-sinalização. O nosso modelo tem um NPV alto = 0,93.

3. Doentes que não foram sinalizados para CG mas tiveram-na — são doentes que ficam mal classificados pelo modelo. Analisando estes doentes verificámos que na maioria dos casos o que acontece é haver situações difíceis de prever ou mesmo aleatórias que complicam o curso clínico do doente e, com isso, passam a ser elegíveis para CG. Dos 19 doentes em que isto aconteceu, o modelo predisse correctamente a necessidade de sinalização para CG em 5 doentes. Estas 5 predições são contadas na análise de desempenho como falsos positivos. Esta situação nunca será ultrapassada por qualquer modelo que se crie e deve ser considerada como uma limitação que é necessário aceitar.
4. Doentes que necessitariam de CG e a quem não lhes foi facultada — este cenário não foi identificado em nenhum dos doentes analisados pelo que, na prática, se pode concluir que não existe no HLL.

Os eventos ocorridos no BO e nas primeiras 24h de recobro não estavam incluídos nesta análise e admitiu-se que esta informação seria necessária para que os resultados pudessem ser melhores. De facto, no modelo de variáveis pré-operatórias, a “distância clínica” entre as variáveis introduzidas e os acontecimentos era demasiado grande; dito por outras palavras, no modelo de variáveis pré-operatórias há muito conhecimento clínico que não está incorporado no modelo por ser decorrente de acontecimentos que surgem entre a aplicação do mesmo, fase pré-operatória e, a variável resposta que é pós-operatória.

Foi esta insuficiência, a nosso ver inultrapassável com o modelo de variáveis pré-operatórias, que nos motivou criar uma solução para que sinalização para CG tivesse o dinamismo que a prática clínica afinal exige e, assim, sucedeu-se a fase seguinte do projecto com a construção do modelo das variáveis pré e pós-operatórias.

### 3.4.2. O modelo das variáveis pré e pós-operatórias

Face à impossibilidade de obter melhores medidas de desempenho com o modelo das variáveis pré-operatórias e, como dito acima, percebendo que a informação em falta dos acontecimentos clínicos do BO e das primeiras horas de recobro seria o que justificava não melhorar a capacidade preditiva, colocou-se inicialmente a hipótese de fazer um modelo único com a introdução de variáveis recolhidas no BO e nas primeiras 24h de recobro.

Esta ideia foi no entanto abandonada por motivos vários:

1. Não queríamos perder o objectivo de sinalizar os doentes em fase pré-operatória, para não perdermos o objectivo de tentar prever a necessidade de camas de alta vigilância e de recursos na enfermaria para acomodar o trabalho de CG.
2. Não dispúnhamos da informação do BO que seria necessária para construir um modelo com esta mesma informação.

Assim, idealizámos que poderiam haver dois modelos independentes, mas sobre o mesmo aspecto clínico, e que seriam aplicados de forma sequencial. O primeiro seria o modelo das variáveis pré-operatórias e o segundo seria um modelo, este já aplicável em fase pós-operatória, que ajustaria a orientação do primeiro por integrar novo conhecimento.

Seria então conseguido o dinamismo necessário que a prática clínica impõe.

Adicionalmente, pela descrição do CCC da prática do HLL verificou-se que a sinalização era feita só após a cirurgia e o recobro, naturalmente integrando esta informação.

Passámos então ao desenvolvimento e construção de um modelo de RL incorporando a informação intra-operatória e das primeiras horas de recobro.



O facto de não termos disponíveis dados intra-operatórios que permitissem utilizar um score de comportamento intra-operatório já existente (por exemplo como o *Surgical Apgar Score* — SAS descrito na secção 1.5.1.2.) colocou-nos de início algumas limitações e, do mesmo passo, desafios. Para além disto, a informação do curso clínico no período de recobro também deveria ser considerada. Assim, precisávamos de informação clínica dos períodos intra-operatório e de recobro, sem que isso implicasse a utilização de muitas variáveis para não acrescentar grande complexidade e colocar entraves à implementação prática do modelo. Este era um desiderato do qual não se pretendia abdicar e foi este o racional para se procurar uma alternativa.

Aceitando que um doente que tivesse sinais clínicos de menor estabilidade no período de recobro deveria esse facto a algum acontecimento intra-operatório ou do próprio recobro; e aceitando que a sua transferência só se efectuaria caso a sua estabilidade clínica o permitisse, o tempo de recobro seria uma variável que integraria a complexidade dos factores em causa e poderia ser indicativo da forma como a cirurgia tinha decorrido e o recobro tinha evoluído.

Este indicador, tempo de recobro, tem o carácter aglutinante e simultaneamente sintético que lhe permite ser introduzido no modelo como variável tradutora do curso clínico intra-operatório e do curso clínico do recobro. Assumiu-se que a variável tempo de recobro poderia então ser uma variável considerada uma “aproximação” da informação referente ao curso clínico intra-operatório e do recobro.

A aplicação à variável contínua tempo de recobro da função parcial de um modelo aditivo generalizado (modelo GAM) permitiu com grande precisão perceber que a variável era dicotomizável em  $>$  ou  $< 24$ h (secção 2.5.3.1. — Estudo multivariável-Especificação do modelo, Figura 26).

Esta variável foi testada num modelo de regressão logística múltipla em adição a 4 outras variáveis seleccionadas por LASSO (apêndices — secção 7.2.2.) e correspondem à mesma informação clínica que do modelo de variáveis pré-operatórias (embora com variáveis diferentes). Foi então construído um modelo de regressão

logística multivariável que usa apenas 5 variáveis todas colhidas à cabeceira do doente e já com a introdução da variável informativa do curso clínico intra-operatório e do recobro. Este modelo com a incorporação daquela variável obteve um desempenho discriminativo muito bom e preditivo bom e que está de acordo com a prática clínica.

As diferenças entre os conjuntos de dados de desenvolvimento e de validação não são tão pronunciadas quanto o desejável para garantir a transportabilidade dos resultados em outros cenários hospitalares (a AUC do modelo de pertença que compara ambos os conjuntos de dados foi de 0.63 (95% CI: 0.58-0.68), sendo que se considera uma AUC mínima para evidenciar diferença entre os conjuntos de dados de 0.70). Assim, com esta evidência mostra-se que, globalmente, os dois conjuntos são similares no que respeita às variáveis que foram consideradas nos modelos multivariáveis.

A transportabilidade apenas temporal que esta validação acrescenta, permite verificar que os modelos generalizam bem para a população do HLL.

A inexistência de transportabilidade geográfica não constitui um problema uma vez que, sendo os modelos construídos com uma variável resposta que é baseada em *expert knowledge*, a aplicabilidade dos modelos a outro hospital obrigaria entre outros aspectos da customização, a verificar da adequação da variável resposta.

Esta fase levou à realização de um artigo intitulado “*A Multivariable prediction model to select colorectal surgical patients for co-management.*” submetido para publicação na Acta Médica Portuguesa.

#### 3.4.2.1. A relevância clínica dos resultados

Tal como no modelo de variáveis pré-operatórias, também neste modelo de variáveis pré e pós-operatórias a escolha das variáveis incluídas nos modelos foi determinada tendo em conta a necessidade de significado clínico da ferramenta, apoiadas em critérios estatísticos.

De facto, olhando apenas do ponto de vista das regras estatísticas, as variáveis Cm-Burden e Risco Cirúrgico não teriam sido incluídas no modelo, uma vez que o valor estatístico da sua inclusão não é significativo. No entanto, e como se pode ver pelas estimativas de OR, ambas as variáveis tem estimativas que conferem risco com significado clínico para a resposta (respectivamente 2.2 e 1.56). Por outro lado, as várias simulações efectuadas mostraram que a introdução destas duas variáveis no modelo não condicionaram negativamente o desempenho discriminativo ou preditivo. E, ainda, na customização para o conjunto de dados global o modelo incluiu a variável Cm-Burden com significado estatístico (Tabela XII).

Assim, decidiu-se manter as variáveis Cm-Burden e Risco Cirúrgico no modelo por lhe acrescentar significado clínico.

O modelo tem um bom desempenho. A capacidade discriminativa é muito boa, com uma AUC de 0.86 no conjunto de dados global; a sensibilidade e especificidade boas (0.80 e 0.82 respectivamente), e a taxa de classificações correctas é de 81.3%.

Como dito acima, a taxa de doentes sinalizados para CG foi de 18% (no conjunto de dados de desenvolvimento) sendo que a taxa de doentes que, de facto, acabou por ter CG foi de 23.5% e esta diferença é explicada em todos os casos pelo aparecimento de complicações inesperadas (sejam de natureza médica sejam de natureza cirúrgica) que requereram a intervenção da equipa de MI.

Da análise dos *outliers* que resultaram do modelo multivariável de variáveis pré e pós-operatórias verifica-se que, do total de 19 doentes que tinham sido previamente não sinalizados mas que acabaram por ter CG, o modelo predisse correctamente a necessidade de CG em sete casos (35%), sugerindo que superou o raciocínio empírico da selecção de pacientes para CG (tal como aconteceu no modelo de variáveis pré-operatórias).

Tal como o modelo de variáveis pré-operatórias, o modelo de variáveis pré e pós-operatórias é simples de usar, usa poucas variáveis que são apenas de colheita clínica

directa sem necessitar de testes, pelo que é facilmente aplicável num cenário de cabeça do doente e não apresenta custos adicionais para a sua implementação.

### **3.5. Determinar na prática a selecção de doentes para CG**

#### **3.5.1. Microsoft Power BI**

Na fase final do desenvolvimento do modelo de variáveis pré-operatórias, foi construído por uma das investigadoras do IST uma aplicação informática de aplicação dos modelos, utilizando o programa *Microsoft Power BI Desktop*®.

Com a introdução das fórmulas dos modelos no programa informático, obtém-se uma visualização gráfica dinâmica, informativa e visualmente muito apelativa, dos resultados de decisão que se obtém uma vez introduzidas as variáveis individuais de cada doente.

Nesta aplicação as fórmulas matemáticas carregadas foram as de todos os modelos seleccionados no fim do trabalho de construção do modelo das variáveis pré-operatórias e que são os modelos referidos acima na secção 2.5.2.1. (O modelo final), Tabela VII.

A aplicação informática foi desenvolvida com o objectivo de validar os modelos em doentes novos, permitindo assim de forma definitiva escolher qual dos 6 modelos deve ser implementado no final do trabalho.

A Figura 34 e a Figura 35 mostram dois exemplos de fotografias dos resultados de aplicação da ferramenta de apoio à decisão com variáveis pré-operatórias, usando o *Microsoft Power BI*®.

No exemplo 1, mostrado na Figura 34 abaixo, as variáveis introduzidas foram de um doente de 84 anos com um score ASA 3 com CmBurden4 e um S-MPM de 7 com um risco cirúrgico alto. O canto superior direito mostra a decisão final dada pela

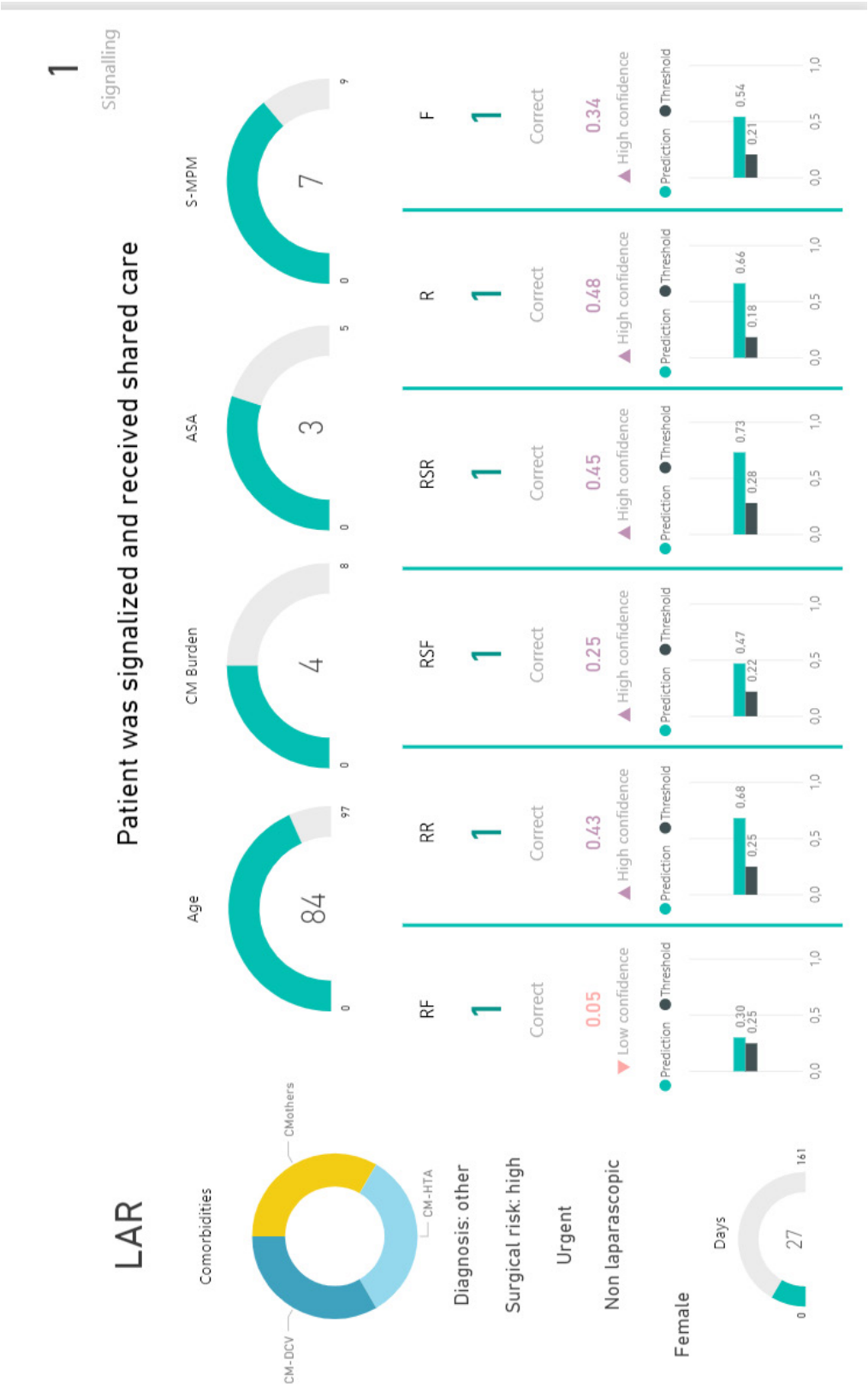


FIGURA 34 Fotografia com exemplo 1.



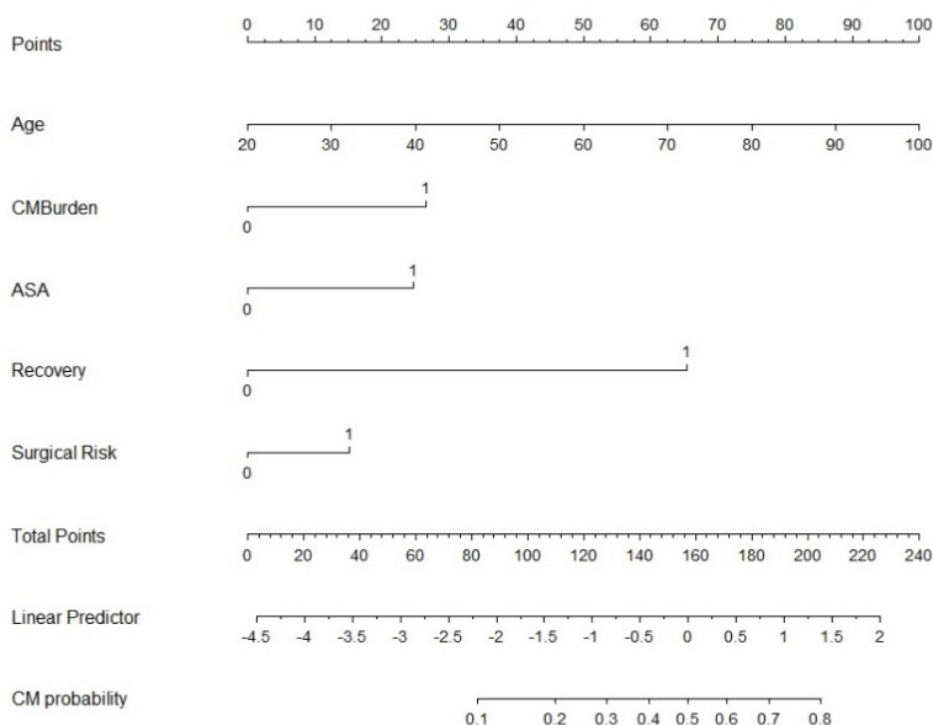
**FIGURA 35** Fotografia com exemplo 2.

média dos 6 modelos. As previsões individuais de cada modelo são visualizadas no centro da fotografia (RF, RR, RSF, RSR, R, F) e são mostradas em conjunto com o nível de confiança associado (calculado pela diferença entre o output previsto e o ponto de corte usado para converter a previsão numa classificação). À excepção do modelo RF, todos os outros modelos dão uma alta confiança das suas previsões.

No exemplo 2, mostrado na Figura 35, as variáveis introduzidas foram de um doente de 51 anos com um score ASA 2 com CmBurden 1 e um S-MPM de 3 com um risco cirúrgico intermédio. O canto superior direito mostra a decisão final dada pela média dos 6 modelos. As previsões foram coincidentes com a selecção empírica e o nível de confiança associado já diferiu mais entre os modelos.

### 3.5.2. Nomograma e aplicação informática

De forma não informática, para o modelo de variáveis pré e pós-operatórias criou-se o nomograma que se ilustra na Figura 36 abaixo.



**FIGURA 36** Nomograma.

Para obter as probabilidades estimadas deve proceder-se do seguinte modo:

1. Traçar para cada variável uma linha vertical unindo o valor da variável à barra “points”.
2. Somar os pontos obtidos para cada variável.
3. Traçar uma linha vertical da barra “points” (no valor obtido da soma dos pontos das 5 variáveis) para a Barra “CM probability” e encontrar o valor.
4. Um valor da probabilidade estimada encontrado acima de 0.18 significa que a CG do doente é recomendada.

Na fase final do desenvolvimento do modelo de variáveis pré e pós-operatórias, foi construído por um dos investigadores do departamento de estatística da Nova Medical School|Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Nova de Lisboa uma aplicação informática numa página web, cujo acesso se faz através do link: <http://artintel.science/comanagement/>. A página está escrita em Inglês.

Tal como na aplicação informática com *Microsoft Power BI*, também nesta aplicação informática em que se introduziu a fórmula estatística do modelo, obtém-se uma visualização gráfica dinâmica, informativa e visualmente muito apelativa, dos resultados de decisão que se obtêm com a introdução das variáveis individuais de cada doente.

Abaixo colocam-se as fotografias da página web construída. A Figura 37 mostra a secção da página onde se introduzem as variáveis e a Figura 38 a secção da página onde está o texto que explica a utilização da ferramenta. Na Figura 39 e na Figura 40 colocam-se as fotografias com 2 exemplos do funcionamento prático da aplicação da ferramenta de apoio à decisão com variáveis pré e pós-operatórias.

No exemplo da Figura 39, as variáveis introduzidas foram de um doente de 84 anos que esteve menos de 24h no recobro, tinha uma contagem de  $CmBurden=4$ , um score  $ASA=3$  e, o risco cirúrgico do procedimento era alto. Ao submeter estas variáveis, a aplicação diz-nos, no lado direito do écran que a decisão de CG = Sim e que a probabilidade de o doente precisar de CG é de 0.493 sendo que valores acima de 0.18 (ponto de corte) aconselham que o doente tenha CG.



artintel.science/comanagement/

To see favourites here, select ☆ then ☆, and drag to the Favourites Bar folder. [Import favourites](#)

INGENII  
Art Intel & Data Science

Home About Us Research & Publications Courses & Tutorials Applications

Home / Co-management Probability Calculator

**CO-MANAGEMENT PROBABILITY CALCULATOR**

Warning: This project is still in progress, waiting for publication in a peer-review journal and external validation.

Disclaimer: In this Co-Management Decision Support Tool (CMDST), co-management probabilities estimates are obtained using data from a cohort of 560 patients submitted to a colorectal surgical procedure. The probabilities provided by this CMDST are only estimates. They do not guarantee a 100% correct decision and this tool is not intended to replace the doctor's opinion about the level of surveillance the patient needs after surgery, but only to support his decision.

**Co-Management Decision Support Tool - CMDST**

Age (years):  Insert values of the input variables.

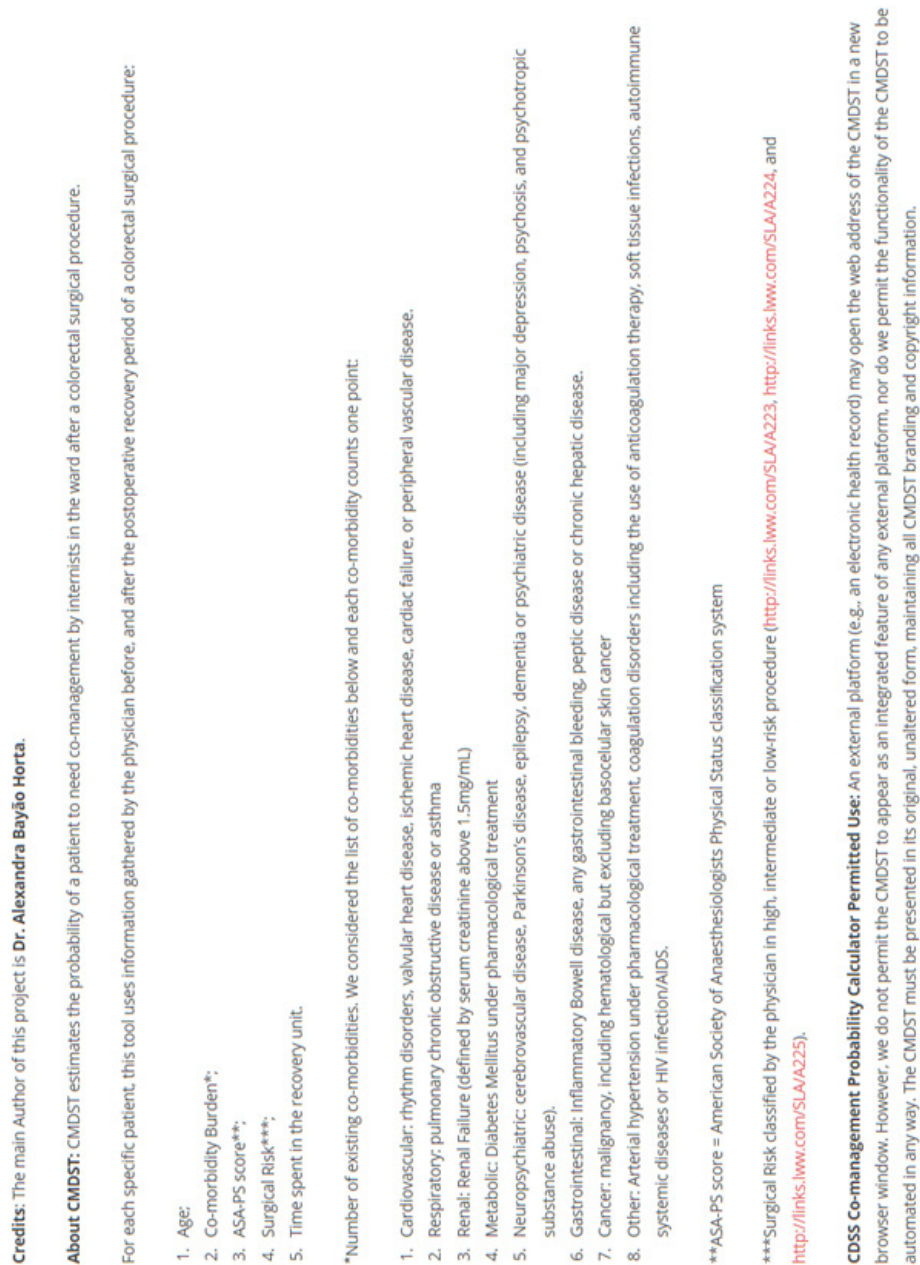
Co-morbidity Burden (≥ 3): ☒ No ☐ Yes

ASA - PS (≥3): ☒ No ☐ Yes

High Surgical Risk: ☒ No ☐ Yes

Recovery Time (≥ 24 hours): ☒ No ☐ Yes

**FIGURA 37** Fotografia da 1.<sup>a</sup> secção da página web quando se abre o link: <http://artintel.science/comanagement/>.



**FIGURA 38** Fotografia da 2.<sup>a</sup> seção da página web quando se abre o link: <http://artintel.science/comanagement/>.

CO-MANAGEMENT PROBABILITY CALCULATOR
Home / Co-management Probability Calculator

Warning: This project is still in progress, waiting for publication in a peer-review journal and external validation.

**Disclaimer:** In this Co-Management Decision Support Tool (CMDST), co-management probabilities estimates are obtained using data from a cohort of 560 patients submitted to a colorectal surgical procedure. The probabilities provided by this CMDST are only estimates. **They do not guarantee a 100% correct decision and this tool is not intended to replace the doctor's opinion about the level of surveillance the patient needs after surgery, but only to support his decision.**

### Co-Management Decision Support Tool - CMDST

Age (years):	<input type="text" value="84"/>	<b>Co-management? : Yes</b>
Co-morbidity Burden ( $\geq 3$ ):	<input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Yes	Probability: 0.493
ASA - PS ( $\geq 3$ ):	<input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Yes	Values higher than 0.18 support the decision of Co-management of the patient in the ward.
High Surgical Risk:	<input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Yes	
Recovery Time ( $\geq 24$ hours):	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes	

Submit

FIGURA 39 Fotografia com exemplo 1.

CO-MANAGEMENT PROBABILITY CALCULATOR

Home / Co-management Probability Calculator

Warning: This project is still in progress, waiting for publication in a peer-review journal and external validation.

Disclaimer: In this Co-Management Decision Support Tool (CMDST), co-management probabilities estimates are obtained using data from a cohort of 560 patients submitted to a colorectal surgical procedure. The probabilities provided by this CMDST are only estimates. **They do not guarantee a 100% correct decision and this tool is not intended to replace the doctor's opinion about the level of surveillance the patient needs after surgery, but only to support his decision.**

Co-Management Decision Support Tool - CMDST

Age (years):

51

Co-management? : No

Co-morbidity Burden (≥ 3):

☒ No

☐ Yes

Probability: 0.036

Values higher than 0.18 support the decision of Co-management of the patient in the ward.

ASA - PS (≥3):

☒ No

☐ Yes

High Surgical Risk:

☒ No

☐ Yes

Recovery Time (≥ 24 hours):

☒ No

☐ Yes

Submit

FIGURA 40 Fotografia com exemplo 2.

No exemplo da Figura 40, as variáveis introduzidas foram de um doente de 51 anos que esteve menos de 24 horas no recobro, tinha CmBurden=2, ASA score=2 e o procedimento não era de alto risco cirúrgico. O resultado é uma decisão de CG = Não com uma probabilidade de 0.036 e portanto abaixo de 0.18 (ponto de corte acima do qual indica a decisão de CG).



## 4. CONDICIONANTES, LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

### 4.1. CONDICIONANTES

Como explicado na discussão (no subcapítulo 3.2.), foi minha opção restringir a origem dos doentes e o tipo de procedimentos de forma a ter as condições o menos enviesadas possível para poder explorar o caminho para definir conceitos e metodologias.

Assim, foi de forma consciente e propositada que se assumiu que a origem dos dados seria num centro único e que os procedimentos a estudar seriam o menos variado possível com um número também limitado de intervenientes cirúrgicos diminuindo assim os co-factores que podem influenciar o resultado final.

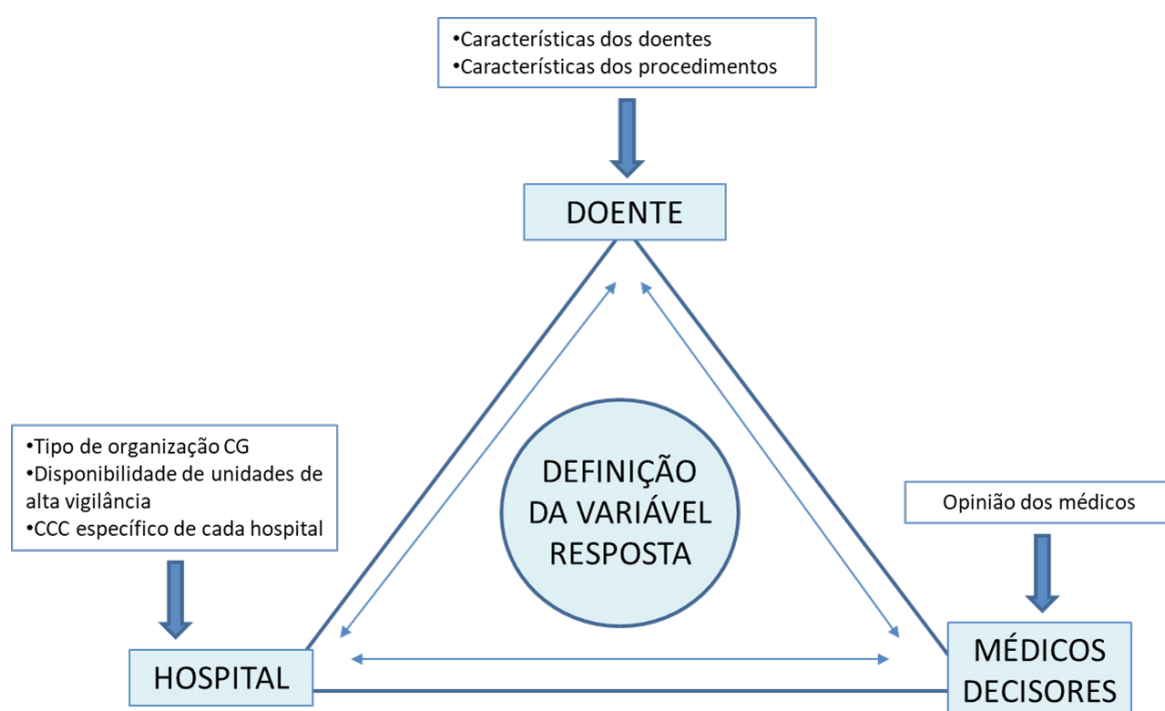
Estes aspectos que poderiam ser vistos como limitações são, no entender do autor, não limitações, mas sim condicionantes da aplicabilidade prática deste trabalho a futuros desenvolvimentos.

Tais condicionantes são factores determinantes a ter em conta em eventuais generalizações, nomeadamente:

- › Uma vez que os modelos são criados e “aprendem” para dar a resposta certa à variável de interesse/resposta e, sendo esta variável a decisão que é aplicada pelos médicos decisores no HLL e portanto definida por *expertise*, a aplicação dos modelos a outras organizações hospitalares não deverá ser directa apesar da aplicação do método ser perfeitamente possível. Assim, a generalização dos modelos e seus resultados é limitada, já que é provável que, em cenários diferentes, a decisão para seleccionar o doente para CG possa ser diferente, seja porque outros médicos têm diferentes opiniões, seja porque a própria

organização hospitalar pode não poder ou não querer suportar uma decisão semelhante à tomada no HLL.

- › Variações na estrutura e processos de prestação de cuidados entre hospitais têm um efeito difícil de medir. Exemplos de potenciais áreas de variação que podem ter impacto na capacidade preditiva dos modelos incluem: ratios enfermeiros/doentes; volume e frequência de cirurgias de alto risco; e disponibilidade de unidades de cuidados intensivos.
- › Pode haver questões relacionadas com a organização da CG em outras instituições que obriguem a uma reformulação prática diferente.
- › Os gráficos de circuito do doente terão que ser refeitos e adaptados a outra realidade caso se pretenda usar em outra instituição.
- › Será necessária uma customização dos modelos para bases de dados de outras instituições.



**FIGURA 41** Esquema representativo do triângulo determinante da variável resposta.

À semelhança do triângulo determinante dos riscos de complicações cirúrgicas (Figura 1) e da especificidade do CCC (Figura 6), aqui aplica-se um triângulo no qual o centro é ocupado pela definição da variável resposta (Figura 41) e o vértice



em baixo à direita é ocupado pelos médicos decisores cujo conhecimento deverá ser incorporado na variável resposta.

A opção da limitação dos procedimentos cirúrgicos a apenas um órgão obriga a que haja uma nova validação para poder ser aplicado a procedimentos de outros órgãos.

O facto de não terem sido contemplados no desenho do estudo procedimentos de baixo risco cirúrgico poderia, numa primeira análise, ser uma limitação do trabalho. Porém, como este tipo de cuidados de pós-operatórios, à partida, não serão necessários para doentes cujo risco cirúrgico seja muito baixo, esta condicionante não se aplica.

#### **4.2. LIMITAÇÕES**

Apesar de terem sido referidas as condicionantes que se encontram, existem também algumas limitações.

1. É um estudo retrospectivo com as limitações que estes estudos acarretam.
2. Como dito acima, não se adequa a ser aplicado a doentes sujeitos a procedimentos de baixo risco cirúrgico.
3. O estudo não é directamente aplicável a outros hospitais.

#### **4.3. TRABALHOS FUTUROS**

Para uma fase posterior a este trabalho de investigação tenho a intenção de:

1. Implementar a aplicação do modelo das variáveis pré-operatórias na consulta de anestesia.
2. Implementar a aplicação do modelo das variáveis pré-operatórias com tempo de recobro à saída do doente do recobro.

3. Elaborar e analisar os resultados de um questionário de satisfação dos médicos sobre a aplicação das ferramentas de apoio à decisão.
4. Utilizar a metodologia proposta para a construção de ferramentas para o apoio à decisão de CG noutros procedimentos cirúrgicos.
5. Encorajar a criação de registos de alta qualidade para esta área específica de investigação em organização de serviços de saúde.
6. Estudar a aplicabilidade e interesse da metodologia em ambiente de rede de centros de prestadores de cuidados com diferentes níveis.

O conceito e a metodologia usados neste trabalho, com respeito pelas condicionantes já referidas, certamente é aplicável em outros cenários clínicos nomeadamente em outros procedimentos cirúrgicos.

Em relação à aplicação informática construída em *Microsoft Power BI*®, o próximo passo será simplificá-la para que possa ser implementada na prática do hospital. No passo final, será feita a escolha de qual o modelo (de entre os 6 modelos) que definitivamente dá melhores resultados num conjunto de dados de validação externa de forma a implementar a aplicação assim criada no sistema do hospital.

Quer a aplicação informática em *Microsoft Power BI*®, quer a aplicação criada na página *web* serão possivelmente transformadas numa aplicação de *smartphone*, facilmente utilizáveis para implementar na prática o sistema de apoio à decisão.

A aplicação da metodologia a outras instituições hospitalares, necessitará em primeiro lugar de um desenho inicial do CCC para que se determine o que é que outras instituições necessitam, quais os interventores envolvidos e, onde se deve actuar. Não menos importante é a definição da variável de interesse/resposta que se pretende prever. Só depois destes passos dados será possível aplicar a metodologia criada. A necessária posterior customização e validação permitirão o suporte da decisão de quais os doentes que devem ser objecto de CG.

## 5. CONCLUSÕES

Não há um único modelo de programa de co-gestão, nem há uma única forma de o desenhar para que seja bem sucedido, mas as regras basilares foram descritas nesta tese com base na experiência adquirida pelo autor no Hospital da Luz Lisboa e apoiada na literatura.

É impraticável haver uma abordagem da estrutura, operação e implementação de um programa de co-gestão de tipo universal. As equipas devem ponderar como é que um novo serviço irá impactar no recrutamento, na retenção e na satisfação dos médicos.

Para atingir padrões de qualidade na prática médica é importante usar o método no qual a decisão clínica envolve a integração de evidência objectiva com perícia individual.

Os clínicos tipicamente não têm tempo nem treino para abordar questões do ponto de vista do tratamento de dados. Os *data scientists* por seu turno, não têm o conhecimento e a preparação médica necessários para identificar a relevância da pergunta de investigação clínica, os critérios de elegibilidade da população, para identificar as variáveis de interesse e, ainda menos, para tomar decisões necessárias para que os modelos sejam adaptados às necessidades clínicas.

Não é realista pensar que um médico consegue estar actualizado em todos os aspectos teóricos da sua prática, uma vez que a grande velocidade da transmissão da informação de par com proliferação enorme da investigação médica realizada hoje em dia torna esse desejo impossível de concretizar. O conhecimento extraído de bases de dados de grande volume pode fornecer ao médico as ferramentas para a aplicação dos melhores cuidados na sua prática clínica. Porém isto não é atingível

com os médicos a trabalhar isoladamente e deve haver uma interacção bilateral entre médicos e *data scientists* (212) que permita o cruzamento de saberes com objectivos comuns.

No que concerne especificamente a este projecto:

Definiram-se como **OBJECTIVOS** a estruturação do circuito clínico de cuidados do doente cirúrgico no Hospital da Luz Lisboa (de forma a ser orientador para as especialidades envolvidas) e o desenvolvimento ferramentas de apoio à decisão a utilizar na implementação de um serviço de co-gestão entre a Medicina Interna e a Cirurgia Geral no Hospital da Luz Lisboa (de forma a orientar o médico a classificar o doente como elegível para co-gestão no pós-operatório).

**Desenhou-se** o circuito clínico de cuidados do doente cirúrgico no Hospital da Luz Lisboa e identificaram-se:

- a) As lacunas existentes no circuito e que deveriam ser resolvidas e;
- b) Os locais onde, no circuito do doente, deve tomar a decisão de CG e quem a deve tomar.

O circuito assim desenhado permite ser legível por todos os intervenientes e permite identificar os locais que podem ser objecto de melhoria.

Foi feita uma **proposta de melhoria** das questões encontradas.

Desenvolveu-se o trabalho de selecção objectiva dos doentes para co-gestão, com base numa coorte histórica de doentes cirúrgicos de cirúrgica colorectal no HLL.

Construiu-se a **ferramenta de apoio à decisão para usar em fase pré-operatória** de quais os doentes elegíveis para co-gestão em fase pós-operatória.

Dinamizou-se a decisão inicialmente encontrada com a construção de uma outra **ferramenta de apoio à decisão para usar em fase pós-operatória** de quais os doentes elegíveis para co-gestão.

Os instrumentos matemáticos/estatísticos foram apresentados e usam métodos de tratamento de dados adequados ao objecto do estudo em cada momento do mesmo. Acrescentam objectivação à prática actual.

**Fez-se a validação externa** do modelo ainda que sem transportabilidade geográfica.

A ferramenta assim criada permite:

1. Codificar o conhecimento implícito existente nos médicos da organização e, assim conferir:
  - a) Robustez à organização;
  - b) Capacidade de disseminação do conhecimento codificado — transmissibilidade do conhecimento decorrente de experiência;
  - c) Objectivação que permite auditoria e melhoria contínua;
  - d) Agilizar a integração da evidência objectiva com a *expertise* individual.
2. Criação do método como o primeiro passo para extrapolar para outras doenças, outros procedimentos e outros ambientes hospitalares
3. Acrescentar racional de gestão à prática hospitalar.

**O trabalho assim estruturado e desenvolvido permite:**

1. Mapear para identificar questões a modificar e trabalhá-las
2. Codificar o conhecimento que seja necessário e possível codificar
3. Aplicar na organização

É um trabalho de investigação com forte componente conceptual e metodológico.

O projecto é importante porque objectiva o processo de construção da decisão clínica.

O projecto é original porque, que seja do nosso conhecimento, é a primeira ferramenta criada para a selecção de doentes para um serviço de co-gestão.

O trabalho de investigação acrescenta conhecimento e o estado da arte aumentou.



## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Santos FFM dos. Retrato de Portugal 2009 [Internet]. Pordata — Base de dados Portugal Contemporâneo. [cited 2019 May 29]. Available from: <https://www.pordata.pt/Retratos/2009/Retrato+de+Portugal-9>
2. Santos FFM dos. Retrato de Portugal [Internet]. Pordata. 2017. 1–76 p. Available from: <http://www.pordata.pt/ebooks/PT2017v20170710/mobile/index.html#p=20>
3. Office for National Statistics. Overview of the UK population: July 2017 [Internet]. Office for National Statistics. Overview of the UK. 2017 [cited 2019 May 29]. p. 1–11. Available from: <https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/populationandmigration/populationestimates/articles/overviewoftheukpopulation/july2017>
4. Etzioni DA, Liu JH, Maggard MA, Ko CY. The Aging Population and Its Impact on the Surgery Workforce. *Ann Surg*. 2003;238(2):170–7.
5. Wang ES, Moreland C, Shoffeit M, Leykum LK. Who Consults Us and Why? An Evaluation of Medicine Consult/Comanagement Services at Academic Medical Centers. *J Hosp Med*. 2018;13(12).
6. Fang M, Greysen SR. The Role of the Medical Consultant in 2018: Putting It All Together. *J Hosp Med*. 2019;E1–2.
7. Whinney C, Michota F. Surgical comanagement: A natural evolution of hospitalist practice. *J Hosp Med*. 2008;3(5):394–7.
8. Tadros RO, Faries PL, Malik R, Vouyouka AG, Ting W, Dunn A, et al. The effect of a hospitalist comanagement service on vascular surgery inpatients. *J Vasc Surg* [Internet]. 2015;61(6):1550–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2015.01.006>
9. Thompson RE, Pfeifer K, Grant PJ, Taylor C, Slawski B, Whinney C, et al. Hospital Medicine and Perioperative Care: A Framework for High-Quality, High-Value Collaborative Care. *J Hosp Med* [Internet]. 2017;12(4):277–82. Available from: <http://www.journalofhospitalmedicine.com/jhospmed/article/134350/hospital-medicine/hospital-medicine-and-perioperative-care-framework-high>
10. Auerbach AD, Wachter RM, Cheng HQ, Maselli J, McDermott M, Vittinghoff E, et al. Comanagement of surgical patients between neurosurgeons and hospitalists. *Arch Intern Med*. 2010;170(22):2004–10.

11. Story DA, Shelton A, Jones D, Heland M, Belomo R, Christophi C, et al. Audit of co-management and critical care outreach for high risk postoperative patients (The POST audit). *Anaesth Intensive Care*. 2013;41(6):793–8.
12. Lizaur-Utrilla A, Calduch Broseta J V., Miralles Muñoz FA, Segarra Soria M, Díaz Castellano M, Andreu Giménez L. Effectiveness of co-management between orthopaedic surgeons and internists for inpatient elders with hip fracture. *Med Clin (Barc)*. 2014;143(9):386–91.
13. Moonesinghe SR, Mythen MG, Grocott MPW. High-risk surgery: Epidemiology and outcomes. *Anesth Analg*. 2011;112(4):891–901.
14. Pearse R, Moreno RP, Bauer P, Pelosi P, Metnitz P, Spies C, et al. Mortality after surgery in Europe: A 7 day cohort study. *Lancet* [Internet]. 2012;380(9847):1059–65. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61148-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61148-9)
15. Jhanji S, Thomas B, Ely A, Watson D, Hinds CJ, Pearse RM. Mortality and utilisation of critical care resources amongst high-risk surgical patients in a large NHS trust \*. *Anaesthesia*. 2008;63:695–700.
16. Kahan BC, Koulenti D, Arvaniti K, Beavis V, Campbell D, Chan M, et al. Critical care admission following elective surgery was not associated with survival benefit: prospective analysis of data from 27 countries. *Intensive Care Med*. 2017;43(7):971–9.
17. Weiser TG, Haynes AB, Molina G, Lipsitz SR, Esquivel MM, Uribe-Leitz T, et al. Estimate of the global volume of surgery in 2012: an assessment supporting improved health outcomes. *Lancet* [Internet]. 2015;385:S11. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673615608066>
18. Weiser TG, Regenbogen SE, Thompson KD, Haynes AB, Lipsitz SR, Berry WR, et al. An estimation of the global volume of surgery: a modelling strategy based on available data. *Lancet*. 2012;372:139–44.
19. Sharma G, Kuo Y, Freeman J, Dong D, Goodwin JS. Comanagement of hospitalized surgical patients by medicine physicians in the United States. *Arch Intern Med*. 2010;170(4):363–8.
20. Rohatgi N, Wei PH, Grujic O, Ahuja N. Surgical Comanagement by Hospitalists in Colorectal Surgery. *J Am Coll Surg* [Internet]. 2018; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2018.06.011>
21. Khuri SF, Henderson WG, Depalma RG. Determinants of Long-Term Survival After Major Surgery and the Adverse Effect of Postoperative Complications. *Ann Surg*. 2005;242:326–43.
22. Jencks SF, Williams M V, Coleman EA. Rehospitalizations among patients in the Medicare fee-for-service program. *N Engl J Med*. 2009;360(14):1418–28.
23. Noordzij P, Poldermans D, Shouten O, Al E. Postoperative Mortality in The Netherlands. A population-based Analysis of Surgery-specific Risk in Adults. *Anesthesiology*. 2010;112:1105–15.



24. DONABEDIAN A. Evaluating the Quality of Medical Care. Quarterly, The Milbank. 2005;83(4):691-729.
25. White HL, Glazier RH. Do hospitalist physicians improve the quality of inpatient care delivery? A systematic review of process, efficiency and outcome measures. BMC Med [Internet]. 2011;9(1):58. Available from: <http://www.biomedcentral.com/1741-7015/9/58>
26. Zare MM, Itani KMF, Schiffner TL, Henderson WG, Khuri SF. Mortality after nonemergent major surgery performed on friday versus monday through wednesday. Ann Surg. 2007;246(5):866-74.
27. Horta AB. Co-Management ou Responsabilidade Partilhada entre a Medicina Interna e as Especialidades Cirúrgicas : A Identificação dos doentes de alto risco Co-Management between Internal Medicine and Surgical Specialities : The Identification of the High Risk Patien. Med Interna (Bucur). 2017;24(1):44-7.
28. Story DA, Leslie K, Myles PS, Fink M, Poustie SJ, Forbes A, et al. Complications and mortality in older surgical patients in Australia and New Zealand (the REASON study): A multicentre, prospective, observational study. Anaesthesia. 2010;65(10):1022-30.
29. Rohatgi N, Loftus AP, Grujic AO, Cullen M, Hopkins J, Ahuja N. Surgical Comanagement by Hospitalists Improves Patient Outcomes. Ann Surg. 2016;XX(X):1-8.
30. Rohatgi N, Wei PH, Grujic O, Ahuja N. Surgical Comanagement by Hospitalists in Colorectal Surgery. J Am Coll Surg [Internet]. 2018;227(4):404-410.e5. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2018.06.011>
31. Coffman J, Rundall TG. The impact of hospitalists on the cost and quality of inpatient care in the United States: A research synthesis. Med Care Res Rev. 2005;62(4):379-406.
32. Peterson MC. A systematic review of outcomes and quality measures in adult patients cared for by hospitalists vs nonhospitalists. Mayo Clin Proc. 2009;84(3):248-54.
33. Auerbach AD, Wachter RM, Katz P, Showstack J, Baron RB, Goldman L. Implementation of a Voluntary Hospitalist Service at a Community Teaching Hospital: Improved Clinical Efficiency and Patient Outcomes. Ann Intern Med. 2002;137:859-66.
34. Roy CL, Liang CL, Lund M, Boyd C, Katz JT, McKean S, et al. Implementation of a physician assistant/hospitalist service in an academic medical center: Impact on efficiency and patient outcomes. J Hosp Med [Internet]. 2008;3(5):361-8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18951397>
35. Huddleston J, Long K, Naessens J, et. al. Medical and Surgical Comanagement after Elective Hip and Knee Arthroplasty. Ann Intern Med. 2004;141:28-38.
36. Friedman SM, Mendelson DA, Bingham KW, Kates SL. Impact of a comanaged Geriatric Fracture Center on short-term hip fracture outcomes. Arch Intern Med. 2009;169(18):1712-7.

37. Phy M, Vanness D, Melton III J, Al. E. Effects of a Hospitalist Model Elderly Patients With Hip Fracture. *Arch Intern Med*. 2005;165:796–801.
38. Rachoin JS, Skaf J, Cerceo E, Fitzpatrick E, Milcarek B, Kupersmith E, et al. The impact of hospitalists on length of stay and costs: Systematic review and meta-analysis. *Am J Manag Care*. 2012;18(1):23–30.
39. A.A. F, M.W. D, S.E. R, S. S, P.N. S, M.M. B. Outcomes for older patients with hip fractures: The impact of orthopedic and geriatric medicine cocare. *J Orthop Trauma* [Internet]. 2006;20(3):172–8. Available from: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L44315023%0Ahttp://dx.doi.org/10.1097/01.bot.0000202220.88855.16>
40. Siegal EM. Just because you can, doesn't mean that you should: A call for the rational application of hospitalist comanagement. *J Hosp Med*. 2008;3(5):398–402.
41. Sylvia McKean MD, SFHM; William Adair, MD; Kanoe Allen; Alan Beyer, MD; Andrew Fishmann, MD; Fatma Gul, MD; Michael Gulseth, Pharm. D.; Flora Kisuule, MD; Mary Betty Masters; Beth Mraz; Michael Pinzur, MD; Michael Ruhlen, MD; Christopher Whinney M. A White Paper on A Guide to Hospitalist / Orthopedic Surgery.
42. Hall SF. BRIEF REPORTS A user's guide to selecting a comorbidity index for clinical research. *J Clin Epidemiol*. 2006;59:849–55.
43. Gross PA, Stein MR, Van Antwerpen C, Demauro PJ, Boscamp JR, Hess W, et al. Comparison of Severity of Illness Indicators in an Intensive Care Unit. *Arch Intern Med*. 1991;151(11):2201–5.
44. Elixhauser A, Steiner C, Harris DR, Coffey RM. Comorbidity Measures for Use with Administrative Data. *Med Care*. 1998;36(1):8–27.
45. Groot V De, Beckerman H, Lankhorst GJ, Bouter LM. How to measure comorbidity : a critical review of available methods. *J Clin Epidemiol*. 2003;56(September 2000):221–9.
46. Melfi C, Holleman E, Arthur D, Katz B. Selecting a patient characteristics index for the prediction of medical outcomes using administrative claims data. *J Clin Epidemiol*. 1995;48(7):917–26.
47. Extermann M. Measurement and impact of comorbidity in older cancer patients. *Crit Rev Oncol Hematol*. 2000;35(3):181–200.
48. Ghali WA, Hall RE, Rosen AK, Ash AS, Moskowitz MA. Searching for an improved clinical comorbidity index for use with ICD-9-CM administrative data. *J Clin Epidemiol* [Internet]. 1996 Mar 1;49(3):273–8. Available from: [https://doi.org/10.1016/0895-4356\(95\)00564-1](https://doi.org/10.1016/0895-4356(95)00564-1)
49. Silber JH, Williams S V, Krakauer H, Schwartz JS. Hospital and patient characteristics associated with death after surgery. A study of adverse occurrence and failure to rescue.

- Med Care [Internet]. 1992;30(7):615–29. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1614231>
50. Ghaferi AA, Birkmeyer JD, Dimick JB. Variation in hospital mortality associated with inpatient surgery. *N Engl J Med*. 2009;361:1368–75.
  51. Silber JH, Rosenbaum PR, Schwartz JS, Ross RN, Williams S V. Evaluation of the Complication Rate as a Measure of Quality of Care in Coronary Artery Bypass Graft Surgery. 1992;
  52. Sinha S, Ata Ozdemir B, Khalid U, Karthikesalingam A, Poloniecki JD, Thompson MM, et al. Failure-To-Rescue and interprovider comparisons after elective abdominal aortic aneurysm repair. *Br J Surg*. 2014;101(12):1541–50.
  53. Silber JH, Rosenbaum PR, Williams S V., Ross RN, Sanford Schwartz J. The relationship between choice of outcome measure and hospital rank in general surgical procedures: Implications for quality assessment. *Int J Qual Heal Care*. 1997;9(3):193–200.
  54. Pearse RM, Holt PJE, Grocott MPW. Managing perioperative risk in patients undergoing elective non-cardiac surgery. *Bmj* [Internet]. 2011;343(oct05 2):d5759–d5759. Available from: <http://www.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bmj.d5759>
  55. Pearse RM, Critical A, Unit C, Hospital RL, Kingdom U, Studies C. Global patient outcomes after elective surgery: prospective cohort study in 27 low-, middle- and high-income countries. *Br J Anaesth* [Internet]. 2016;117(5):601–9. Available from: <http://bja.oxfordjournals.org/lookup/doi/10.1093/bja/aew316>
  56. Sobol JB, Wunsch H. Triage of high-risk surgical patients for intensive care. *Crit Care*. 2011;15:217.
  57. Bates DW, Zimlichman E. Finding patients before they crash: the next major opportunity to improve patient safety. *BMJ Qual Saf* [Internet]. 2014;24(1):1–3. Available from: <http://qualitysafety.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmjqs-2014-003499>
  58. Ghaferi A a., Osborne NH, Birkmeyer JD, Dimick JB. Hospital characteristics associated with failure to rescue from complications after pancreatectomy. *J Am Coll Surg* [Internet]. 2010;211(3):325–30. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2010.04.025>
  59. Silber JH, Williams S V, Krakauer H, Schwartz JS. Hospital and patient characteristics associated with death after surgery. A study of adverse occurrence and failure to rescue. [Internet]. Vol. 30, Medical care. 1992. p. 615–29. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1614231>
  60. Massarweh NN, Anaya DA, Kougiass P, Bakaeen FG, Awad SS, Berger DH. Variation and Impact of Multiple Complications on Failure to Rescue after Inpatient Surgery. *Ann Surg*. 2017;266(1):59–65.

61. Wakeam E, Hyder JA, Lipsitz SR, Cohen ME, Orgill DP, Zinner MJ, et al. Hospital-level variation in secondary complications after surgery. *Ann Surg*. 2016;263(3):493–501.
62. Ghaferi AA, Birkmeyer JD, Dimick JB. Complications , Failure to Rescue , and Mortality With Major Inpatient Surgery in Medicare Patients. 2009;250(6):1029–34.
63. Ferraris VA, Bolanos M, Martin JT, Mahan A, Saha SP. Identification of patients with postoperative complications who are at risk for failure to rescue. *JAMA Surg*. 2014;149(11):1103–8.
64. Silber JH, Rosenbaum PR, Mchugh MD, Ludwig JM, Smith HL, Bijan A, et al. Comparing the Value of Better Nursing Work Environments Across Different Levels of Patient Risk. *JAMA Surg*. 2016;151(6):527–36.
65. Davies SJ, Francis J, Dilley J, Wilson RJT, Howell SJ, Allgar V. Measuring outcomes after major abdominal surgery during hospitalization: reliability and validity of the Postoperative Morbidity Survey. *Perioper Med*. 2013;2(1):1–9.
66. Carmen, C. AJ, Natália C. SJM, Marques. Consulta intra-hospitalar de medicina interna. *Acta Med Port*. 2004;17:265–70.
67. Wachter, Robert M. MD; Goldman LM. The emerging Role of Hospitalist in the American Health Care System. *NEJM*. 1996;335(7):514–7.
68. Wachter RM. The hospitalist field turns 15: New opportunities and challenges. *J Hosp Med*. 2011;6(4):E1–4.
69. Kuo Y-F, Sharma G, Freeman JL, Goodwin JS. Growth in the care of older patients by hospitalists in the United States. *N Engl J Med*. 2009;360(11):1102–12.
70. Ward D, Potter J, Ingham J, Percival F, Bell D. Acute medical care. The right person, in the right setting - First time: How does practice match the report recommendations? *Clin Med J R Coll Physicians London*. 2009;9(6):553–6.
71. Wachter RM. The Hospitalist Movement 5 Years Later. 2002;287(4):487–94.
72. Seiler A, Visintainer P, Brzostek R, Ehresman M, Benjamin E, Whitcomb W, et al. Patient satisfaction with hospital care provided by hospitalists and primary care physicians. *J Hosp Med*. 2012;7(2):131–6.
73. Wachter RM, Goldman L. Zero to 50,000 – The 20th Anniversary of the Hospitalist. *N Engl J Med*. 2016;375(11):1009–11.
74. Noticewala MS, Swart E, Shah RP, Macaulay W, Geller JA, Replacement K. Multidisciplinary care of the hip fracture patient: a case control analysis of differing treatment protocols. *Curr Orthop Pract*. 2016;27(4):346–50.
75. Grigoryan K V., Javedan H, Rudolph JL. Orthogeriatric care models and outcomes in hip fracture patients: A systematic review and meta-analysis. *J Orthop Trauma*. 2014;28(3):1–13.

76. Rocca GJD, Moylan KC, Crist BD, Volgas DA, Stannard JP, Mehr DR. Comanagement of Geriatric Patients With Hip Fractures: A Retrospective, Controlled, Cohort Study. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2013;4(1):10–5.
77. Kammerlander C, Roth T, Friedman SM, Suhm N, Luger TJ, Kammerlander-Knauer U, et al. Ortho-geriatric service-a literature review comparing different models. *Osteoporos Int.* 2010;21(SUPPL. 4):637–46.
78. Cheng HQ. Comanagement Hospitalist Services for Neurosurgery. *Neurosurg Clin NA* [Internet]. 2015;26(2):295–300. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nec.2014.11.004>
79. McEvoy MD, Wanderer JP, King AB, Geiger TM, Tiwari V, Terekhov M, et al. A perioperative consult service results in reduction in cost and length of stay for colorectal surgical patients: evidence from a healthcare redesign project. *Perioper Med (London, England)* [Internet]. 2016;5:3. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4743367&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
80. de Vries S, Jeffe DB, Pruitt SL, Davidson NO, Schootman M. Patient, hospital, and geographic disparities associated with comanagement during hospitalization for colorectal cancer surgery. *J Hosp Med.* 2014;9(4):226–31.
81. Goulding L, Adamson J, Watt I, Wright J. Patient safety in patients who occupy beds on clinically inappropriate wards: A qualitative interview study with NHS staff. *BMJ Qual Saf.* 2012;21(3):218–24.
82. Goulding L, Adamson J, Watt I, Wright J. Lost in hospital: A qualitative interview study that explores the perceptions of NHS inpatients who spent time on clinically inappropriate hospital wards. *Heal Expect.* 2015;18(5):982–94.
83. Subbe CP, Bottle RA, Bell D. Acute Medicine: Triage, timing and teaching in the context of medical emergency admissions. *Eur J Intern Med* [Internet]. 2011;22(4):339–43. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejim.2011.05.015>
84. Bell D, Skene H, Jones M VL. A Guide to the Acute Medical Unit. *Br J Hosp Med.* 2008;69(7):107–10.
85. Marco Martínez J, Montero Ruíz E, Fernández Pérez C, Méndez Bailón M, García Klepzig JL, Garrachón Vallo F. National survey on the activity of internists in shared care – Interconsultations in Spanish hospitals. *Rev Clínica Española (English Ed)* [Internet]. 2016;216(8):414–8. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2254887416300315>
86. Montero Ruiz E, Rebollar Merino Á, Fuentes Castro P, García Sánchez M, Agudo Alonso R, Barbero Allende JM. Asistencia compartida (comanagement) con Medicina Interna en el Servicio de Ginecología. *Progresos Obstet y Ginecol.* 2015;58(7):307–10.

87. Montero Ruiz E, Rebollar Merino Á, Rivera Rodríguez T, García Sánchez M, Agudo Alonso R, Barbero Allende JM. Efecto de la asistencia compartida con medicina interna sobre la estancia hospitalaria de los pacientes ingresados en el Servicio de Otorrinolaringología. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2015;66(5):264–8.
88. Fierbințeanu-Braticevici C, Raspe M, Preda AL, Livčane E, Lazebnik L, Kiňová S, et al. Medical and surgical co-management – A strategy of improving the quality and outcomes of perioperative care. *Eur J Intern Med* [Internet]. 2019;61(November 2018):44–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2018.10.017>
89. Khuri SF, Daley J, Henderson W, Hur K, Demakis J, Aust JB, et al. The Department of Veterans Affairs' NSQIP: The first national, validated, outcome-based, risk-adjusted, and peer-controlled program for the measurement and enhancement of the quality of surgical care. *Ann Surg*. 1998;228(4):491–507.
90. Pearse RM, Harrison DA, James P, Watson D, Hinds C, Rhodes A, et al. Identification and characterisation of the high-risk surgical population in the United Kingdom. *Crit Care*. 2006;10(3):10–5.
91. Gillies MA, Harrison EM, Pearse RM, Garrioch S, Haddow C, Smyth L, et al. Intensive care utilization and outcomes after high-risk surgery in Scotland: A population-based cohort study. *Br J Anaesth* [Internet]. 2017;118(1):123–31. Available from: <http://dx.doi.org/10.1093/bja/aew396>
92. Findlay GP, Goodwin APL, Protopapa KL, Smith NCE, Mason M. Knowing the Risk. *Natl Confid Enq into Patient Outcome Death* [Internet]. 2011;1–98. Available from: <papers2://publication/uuid/61AD2B03-0419-45A7-BC77-8915FE8C760D%5Cnhttp://www.ncepod.org.uk/2011poc.htm>
93. Glance LG, Lustik SJ, Hannan EL, Osler TM, Mukamel DB, Qian F, et al. The Surgical Mortality Probability Model. Derivation and Validation of a simple Risk Prediction Rule for Noncardiac Surgery. *Ann Surg*. 2012;255:696–702.
94. Rhodes A, Cecconi M. Can surgical outcomes be prevented by postoperative admission to critical care? *Crit Care*. 2013;17(1):16–7.
95. Ghaffar S, Pearse RM, Gillies MA. ICU admission after surgery: Who benefits? *Curr Opin Crit Care*. 2017;23(5):424–9.
96. Vester-Andersen M, Waldau T, Wetterslev J, Møller MH, Rosenberg J, Jørgensen LN, et al. Randomized multicentre feasibility trial of intermediate care versus standard ward care after emergency abdominal surgery (InCare trial). *Br J Surg*. 2015;102(6):619–29.
97. Blegen MA, Goode CJ, Spetz J, Vaughn T, Park SH. Nurse staffing effects on patient outcomes safety-net and non-safety-net hospitals. *Med Care*. 2011;49(4):406–14.

98. Wunsch H, Gershengorn H, Cooke CR, Guerra C, Angus DC, Rowe JW, et al. Use of intensive care services for medicare beneficiaries undergoing major surgical procedures. *Anesthesiology*. 2015;(4):899–907.
99. Grocott MPW, Edwards M, Mythen MG, Aronson S. Peri-operative care pathways: re-engineering care to achieve the ‘triple aim.’ *Anaesthesia*. 2019;74:90–9.
100. Stefani LC, Gutierrez CDS, Castro SMDJ, Zimmer RL, Diehl FP, Meyer LE, et al. Derivation and validation of a preoperative risk model for postoperative mortality (SAMPE model): An approach to care stratification. *PLoS One*. 2017;12(10):1–14.
101. Vonlanthen R, Clavien P-A. What factors affect mortality after surgery? *Lancet*. 2012; 380(9847):1034–6.
102. Müller MK, Dedes KJ, Dindo D, Steiner S, Hahnloser D, Clavien PA. Impact of clinical pathways in surgery. *Langenbeck’s Arch Surg*. 2009;394(1):31–9.
103. Aarts M, Okrainec A, Wood T. Enhanced recovery after surgery guideline. *Best Pract Gen Surg* [Internet]. 2013;(April):1–30. Available from: <http://www.bpigs.ca/>
104. Ghaferi AA, Dimick JB. Variation in Mortality After High-Risk Cancer Surgery. Failure to Rescue. *Surg Oncol Clin N Am* [Internet]. 2012;21(3):389–95. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.soc.2012.03.006>
105. Minto G, Biccard B. Assessment of the high-risk perioperative patient. *Contin Educ Anaesthesia, Crit Care Pain*. 2014;14(1):12–7.
106. Sankar A, Beattie WS, Wijesundera DN. How can we identify the high-risk patient? *Curr Opin Crit Care* [Internet]. 2015;21(4):328–35. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4501694%7B&%7Dtool=pmcentrez%7B&%7Drendertype=abstract>
107. Hall DE, Arya S, Schmid KK, Carlson MA, Lavedan P, Bailey TL, et al. Association of a frailty screening initiative with postoperative survival at 30, 180, and 365 days. *JAMA Surg*. 2017;152(3):233–40.
108. Kork F, Balzer F, Krannich A, Weiss B, Wernecke KD, Spies C. Association of comorbidities with postoperative in-hospital mortality. *Med (United States)*. 2015;94(8):e576.
109. Janssen-heijnen MLG, Maas HAAM, Housterman S, Lemmens VEPP, Rutten HJT, Willem J, et al. Comorbidity in older surgical cancer patients : Influence on patient care and outcome. *Eur J Cancer*. 2007;43:2179–93.
110. Lemmens VEPP, Verheij CDGW, Housterman S. Co-morbidity leads to altered treatment and worse survival of elderly patients with colorectal cancer. *Br J Surg*. 2005;92:615–23.
111. Wolters U, Wolf T, Stützer H and, Schröder T. ASA classification and perioperative variables as predictors of postoperative outcome. *Br J Anaesth*. 1996;77:217–22.

112. Charlson M, Pompei P, Ales K, Al E. A New Method of Classifying Prognostic in Longitudinal Studies: Development and Validation. *J Chronic Dis.* 1987;40(5):373–83.
113. Turrentine FE, Wang H, Simpson VB, Jones RS. Surgical Risk Factors, Morbidity, and Mortality in Elderly Patients. *J Am Coll Surg.* 2006;203:865–77.
114. Thomas N Robinson, MD, MS, FACS, Jeremy D Walston, MD, Nathan E Brummel, MD, MSCI, Stacie Deiner, MD, MS, Charles H Brown IV, MD, MHS, Maura Kennedy, MD, MPH, and Arti Hurria M. Frailty for Surgeons: Review of a National Institute on Aging Conference on Frailty for Specialists. *J Am Coll Surg.* 2015;221(6):1083–92.
115. Collard RM, Boter H, Schoevers RA, Oude Voshaar RC. Prevalence of frailty in community-dwelling older persons: A systematic review. *J Am Geriatr Soc.* 2012;60(8):1487–92.
116. Fried LP, Ferrucci L, Darer J, Williamson JD, Anderson G. Untangling the concepts of disability, frailty, and comorbidity: implications for improved targeting and care. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci [Internet].* 2004;59(3):255–63. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15031310>
117. Makary MA, Segev DL, Pronovost PJ, Syin D, Bandeen-Roche K, Patel P, et al. Frailty as a Predictor of Surgical Outcomes in Older Patients. *J Am Coll Surg.* 2010;210(6):901–8.
118. Society BG. Fit for Frailty. Fit for Frailty- consensus best practice guidance - a report from the British Geriatrics Society. 2014.
119. Chan SP, Ip KY, Irwin MG. Peri-operative optimisation of elderly and frail patients: a narrative review. *Anaesthesia.* 2019;74(1):80–9.
120. Kenneth Rockwood, Xiaowei Song, Chris MacKnight, Howard Bergman, David B. Hogan, Ian McDowell AM. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. *CMAJ.* 2005;173(5):489–95.
121. The Royal College of Surgeons of England, Department of Health. The Higher Risk General Surgical Patient : Towards Improved Care for a Forgotten Group [Internet]. London: Royal College of Surgeons of England. 2011. p. 1–36. Available from: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:The+Higher+Risk+General+Surgical+Patient+Towards+Improved+Care+for+a+Forgotten+Group#0>
122. Tomlinson JH, Moonesinghe SR. Risk assessment in anaesthesia. *Anaesth Intensive Care Med.* 2016;17(10):486–91.
123. Kim SW, Han HS, Jung HW, Kim K Il, Hwang DW, Kang SB, et al. Multidimensional frailty score for the prediction of postoperative mortality risk. *JAMA Surg.* 2014;149(7):633–40.
124. Gleason LJ, Schmitt EM, Kosar CM, Tabloski P, Saczynski JS, Robinson T, et al. Effect of delirium and other major complications on outcomes after elective surgery in older adults. *JAMA Surg.* 2015;150(12):1134–40.



125. Thomas N. Robinson, MD,\*† Christopher D. Raeburn, MD,\*† Zung V. Tran, PhD,‡ Erik M. Angles B, Lisa A. Brenner, PhD,\*\*§¶ and Marc Moss M. Postoperative delirium in the elderly. Risk factors and outcomes. *Ann Surg* 2009;249. 2009;249(1):173–178.
126. Owens W, Felts J, Spitznagel E. ASA Physical Status Classifications: A Study of Consistency of Ratings. *Anesthesiology*. 1978;49:239–43.
127. Koo CY, Hyder JA, Wanderer JP, Eikermann M, Ramachandran SK. A meta-analysis of the predictive accuracy of postoperative mortality using the american society of anesthesiologists' physical status classification system. *World J Surg*. 2015;39(1):88–103.
128. Quan H, Li B, Couris CM, Fushimi K, Graham P, Hider P, et al. Updating and validating the charlson comorbidity index and score for risk adjustment in hospital discharge abstracts using data from 6 countries. *Am J Epidemiol*. 2011;173(6):676–82.
129. Bilimoria KY, Liu Y, Paruch JL, Zhou L, Kmieciak TE, Ko CY, et al. Development and evaluation of the universal ACS NSQIP surgical risk calculator: A decision aid and informed consent tool for patients and surgeons. *J Am Coll Surg* [Internet]. 2013;217(5):833-842.e3. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2013.07.385>
130. Kmieciak TE, Ko CY, Cohen ME. Surgical Risk Calculator : A Decision Aide and Informed Consent Tool for Patients and Surgeons. *J Am Coll Surg*. 2014;217(July 2013):833–42.
131. Lee TH, Marcantonio ER, Mangione CM, Thomas EJ, Polanczyk CA, Cook EF, et al. Derivation and Prospective Validation of a Simple Index for Prediction of Cardiac Risk of Major Noncardiac Surgery. *Circulation*. 1999;100:1043–9.
132. Ford MK, Beattie WS, Wijeyesundera DN. Review Annals of Internal Medicine Systematic Review : Prediction of Perioperative Cardiac Complications and Mortality by the Revised Cardiac Risk Index. *Ann Intern Med* [Internet]. 2008;152(7):26–35. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20048269>
133. Devereaux PJ, Goldman L, Cook DJ, Gilbert K, Leslie K, Guyatt GH. Perioperative cardiac events in patients undergoing noncardiac surgery: A review of the magnitude of the problem, the pathophysiology of the events and methods to estimate and communicate risk. *Cmaj*. 2005;173(6):627–34.
134. Van Diepen S, Bakal JA, McAlister FA, Ezekowitz JA. Mortality and readmission of patients with heart failure, atrial fibrillation, or coronary artery disease undergoing noncardiac surgery: An analysis of 38 047 patients. *Circulation*. 2011;124(3):289–96.
135. The Vascular Events In Noncardiac Surgery Patients Cohort Evaluation (VISION) Study Investigators. Association Between Postoperative Troponin Levels and 30-Day Mortality Among Patients Undergoing Noncardiac Surgery. *J Am Med Assoc*. 2012;307(21):2295–304.

136. Aust JB, Henderson W, Khuri S, Page CP. The Impact of Operative Complexity on Patient Risk Factors. *Ann Surg*. 2005;241:1024–8.
137. Procter LD, Davenport DL, Bernard AC, Zwischenberger JB. General Surgical Operative Duration Is Associated with Increased Risk-Adjusted Infectious Complication Rates and Length of Hospital Stay. *J Am Coll Surg* [Internet]. 2010;210:60–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2009.09.034>
138. Schwarze ML, Barnato AE, Rathouz PJ, Zhao Q, Neuman HB, Winslow ER, et al. Development of a list of high-risk operations for patients 65 years and older. *JAMA Surg*. 2015;150(4):325–31.
139. Recommendations for specific surgery grades (minor, intermediate and major or complex) [Internet]. NICE guideline. [cited 2019 May 2]. Available from: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng45/chapter/Recommendations>
140. Pearse RM, Rhodes A, Moreno R, Pelosi P, Spies C, Vallet B, et al. EuSOS: European Surgical Outcomes Study. *Eur J Anaesthesiol*. 2011;28(6):454–6.
141. Kristensen SD, Knuuti J, Saraste A, Anker S, Bøtker HE, De Hert S, et al. 2014 ESC/ESA Guidelines on non-cardiac surgery: Cardiovascular assessment and management: The Joint Task Force on non-cardiac surgery: Cardiovascular assessment and management of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Anaesth. *Eur Heart J*. 2014;35(35):2383–431.
142. Donati A, Ruzzi M, Adrario E, Pelaia P, Coluzzi F, Gabbanelli V, et al. A new and feasible model for predicting operative risk. *Br J Anaesth*. 2004;93(3):393–9.
143. Glance LG, Lustik SJ, Hannan EL, Osler TM, Mukamel DB, Qian F, et al. The Surgical Mortality Probability Model. *Ann Surg* [Internet]. 2012;255(4):696–702. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22418007%5Cnhttp://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00000658-201204000-00013>
144. Sutton R, Bann S, Brooks M, Sarin S. The Surgical Risk Scale as an improved tool for risk-adjusted analysis in comparative surgical audit. *Br J Surg*. 2002;89(6):763–8.
145. Protopapa KL, Simpson JC, Smith NCE, Moonesinghe SR. Development and validation of the Surgical Outcome Risk Tool (SORT). *Br J Surg*. 2014;101(13):1774–83.
146. Wong DJN, Oliver CM, Moonesinghe SR. Predicting postoperative morbidity in adult elective surgical patients using the Surgical Outcome Risk Tool (SORT). *Br J Anaesth*. 2017;119(1):95–105.
147. Goodman BA, Batterham AM, Kothmann E, Cawthorn L, Yates D, Melsom H, et al. Validity of the Postoperative Morbidity Survey after abdominal aortic aneurysm repair—a prospective observational study. *Perioper Med*. 2015;4(1):1–9.

148. Grocott MPW, Browne JP, Van der Meulen J, Matejowsky C, Mutch M, Hamilton MA, et al. The Postoperative Morbidity Survey was validated and used to describe morbidity after major surgery. *J Clin Epidemiol.* 2007;60(9):919–28.
149. Moonesinghe SR, Harris S, Mythen MG, Rowan KM, Haddad FS, Emberton M, et al. Survival after postoperative morbidity: a longitudinal observational cohort study. *Br J Anaesth.* 2014;113(6):977–84.
150. Prytherch DR, Whiteley MS, Higgins B, Weaver PC, Prout WG, Powell SJ. POSSUM and Portsmouth POSSUM for predicting mortality. *Br J Surg.* 1998;85(9):1217–20.
151. Copeland GP, Jones D, Walters M. POSSUM: A scoring system for surgical audit. *Br J Surg.* 1991;78(3):355–60.
152. Tekkis PP, Prytherch DR, Kocher HM, Senapati A, Poloniecki JD, Stamatakis JD, et al. Development of a dedicated risk-adjustment scoring system for colorectal surgery (colorectal POSSUM). *Br J Surg.* 2004;91(9):1174–82.
153. Gawande AA, Kwaan MR, Regenbogen SE, Lipsitz SA, Zinner MJ. An Apgar Score for Surgery. *J Am Coll Surg.* 2007;204:201–8.
154. Higgins TL. Quantifying Risk and Benchmarking Performance in the Adult Intensive Care Unit. *J Intensive Care Med.* 2007;22:141–56.
155. Senagore AJ, Delaney CP, Duepre HJ, Brady KM, Fazio VW. Evaluation of POSSUM and P-POSSUM scoring systems in assessing outcome after laparoscopic colectomy. *Br J Surg.* 2003;90(10):1280–4.
156. Bagnall NM, Pring ET, Malietzis G, Athanasiou T, Faiz OD, Kennedy RH, et al. Perioperative risk prediction in the era of enhanced recovery: a comparison of POSSUM, ACPGBI, and E-PASS scoring systems in major surgical procedures of the colorectal surgeon. *Int J Colorectal Dis.* 2018;33(11):1627–34.
157. Gillies MA, Harrison EM, Pearse RM, Garrioch S, Haddow C, Smyth L, et al. Intensive care utilization and outcomes after high-risk surgery in Scotland: A population-based cohort study. *Br J Anaesth.* 2017;118(1):123–31.
158. Gillies MA, Pearse RM. Intensive care after high-risk surgery what's in a name? *Anesthesiology.* 2016;124(4):761–2.
159. Pearse RM, Holt PJE, Grocott MPW. Managing perioperative risk in patients undergoing elective non-cardiac surgery. *Br Med J.* 2011;343:1–7.
160. Stephen A. White IC. Whitepaper: Introduction to BPMN. 2004;1–11. Available from: [http://www.omg.org/bpmn/Documents/Introduction\\_to\\_BPMN.pdf](http://www.omg.org/bpmn/Documents/Introduction_to_BPMN.pdf)

161. Stuit M, Wortmann H, Szirbik N, Roodenburg J. Multi-View Interaction Modelling of human collaboration processes: A business process study of head and neck cancer care in a Dutch academic hospital. *J Biomed Inform* [Internet]. 2011;44(6):1039–55. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbi.2011.08.007>
162. Cruz-cunha MM, Tavares AJ, Simoes R. Handbook of Research on Developments in E-Health and Telemedicine. In: *Handbook of Research on Developments in E-Health and Telemedicine*. 2010. p. chapter 49; pages 1024-1047.
163. Buffone GJ, Moreau D BJ. Workflow computing. Improving management and efficiency of pathology diagnostic services. *Am J Clin Pathol*. 105((4 Suppl 1)):S17-24.
164. Vanhaecht K, De Witte K, Panella M, Sermeus W. Do pathways lead to better organized care processes? *J Eval Clin Pract*. 2009;15(5):782–8.
165. De Allegri M, Schwarzbach M, Loerbroks A, Ronellenfitsch U. Which factors are important for the successful development and implementation of clinical pathways? A qualitative study. *BMJ Qual Saf*. 2011;20(3):203–8.
166. Groene O. Improving the capacity for learning and improvement in health care. *Int J Qual Heal Care*. 2018;30(3):159–60.
167. Dalmaris P, Tsui E, Hall B, Smith B. A framework for the improvement of knowledge-intensive business processes. *Bus Process Manag J*. 2007;13(2):279–305.
168. Staccini P, Joubert M, Quaranta JF, Fieschi M. Mapping care processes within a hospital: From theory to a web-based proposal merging enterprise modelling and ISO normative principles. *Int J Med Inform*. 2005;74(2–4):335–44.
169. Hassan MMD. An application of business process management to health care facilities. *Health Care Manag (Frederick)*. 2017;36(2):147–63.
170. Rolón E, García F, Ruiz F, Piattini M, Calahorra L, García M, et al. Process Modeling of the Health Sector Using Bpmn: a Case Study. In: *Proceedings of the First International Conference on Health Informatics*. 2011. p. 173–8.
171. Ruiz F, Garcia F, Calahorra L, Llorente C, Gonçalves L, Daniel C, et al. Business process modeling in healthcare. *Stud Health Technol Inform*. 2012;179:75–87.
172. Scheuerlein H, Rauchfuss F, Dittmar Y, Molle R, Lehmann T, Pienkos N, et al. New methods for clinical pathways – Business Process Modeling Notation (BPMN) and Tangible Business Process Modeling (t.BPM). *Langenbeck's Arch Surg*. 2012;397(5):755–61.
173. Cohen CJ, Flaks-Manov N, Low M, Balicer RD, Shadmi E. High-Risk Case Identification for Use in Comprehensive Complex Care Management. *Popul Health Manag* [Internet]. 2015;18(1):15–22. Available from: <http://online.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/pop.2014.0011>

174. Tanriover MD, Guven G, Buldukoglu C, Diker O, Halacli B, Yildirim G, *et al.* Should every adult patient in the hospital have an internist? *Sao Paulo Med J.* 2015;131(4):283–4.
175. Horan TC, Gaynes RP, Martone WJ, Jarvis WR, Emori TG. CDC Definitions of Nosocomial Surgical Site Infections, 1992: A Modification of CDC Definitions of Surgical Wound Infections. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2009;13(10):606–8.
176. Mehta RL, Kellum JA, Shah S V, Molitoris BA, Ronco C, Warnock DG, *et al.* Acute kidney injury network: Report of an initiative to improve outcomes in acute kidney injury. *Crit Care.* 2007;11(2):1–8.
177. Gustot T. Multiple organ failure in sepsis: Prognosis and role of systemic inflammatory response. *Curr Opin Crit Care.* 2011;17(2):153–9.
178. S.K. I, L. L-S, Y. Z, S.T. BJ, D.L. L, J.V. A. A chart-based method for identification of delirium: Validation compared with interviewer ratings using the confusion assessment method. *J Am Geriatr Soc [Internet].* 2005;53(2):312–8. Available from: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L41632560%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53120.x%5Cnhttp://sfx.library.uu.nl/utrecht?sid=EMBASE&issn=00028614&id=doi:10.1111%2Fj.1532-5415.2005.53120.x&title=A+chart->
179. Delaney CP. Clinical perspective on postoperative ileus and the effect of opiates. *Neurogastroenterol Motil.* 2004;16(SUPPL. 2):61–6.
180. Habib A, Johargy A, Mahmood K, Humma H. Design And Determination Of The Sample Size In Medical Research. *IOSR J Dent Med Sci.* 2014;13(5):21–31.
181. Kohavi R, John H. Wrappers for feature subset selection. *Artif Intell.* 1997;97:273–324.
182. Guyon IAE. An introduction to variable and feature selection. *J Mach Learn Res – JMLR.* 2003;3:1157–82.
183. Vernieuwe H, De Baets B, Verhoest NEC. Comparison of clustering algorithms in the identification of Takagi-Sugeno models: A hydrological case study. *Fuzzy Sets Syst.* 2006;157(21):2876–96.
184. Bezdek JC. FCM : THE FUZZY c-MEANS CLUSTERING ALGORITHM 1 ; yk E Y ~ l. 1984;10(2): 191–203.
185. Krishnapuram R, Keller JM. A Possibilistic Approach to Clustering. *IEEE Trans Fuzzy Syst.* 1993;1(2):98–110.
186. J. M. Keller, D. Liu and DBF. Fundamentals of computational intelligence, neural networks, fuzzy systems and evolutionary computation. In: *The Institute of Electrical and Electronics Engineers I-EP*, editor. first edit. John Wiley & Sons, Inc.; 2016. p. 101–203.

187. Krishnapuram R, Keller JM. The possibilistic C-means algorithm: Insights and recommendations. *IEEE Trans Fuzzy Syst* [Internet]. 1996;4(3):385–93. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/document/531779/>
188. Fialho AS, Vieira SM, Kaymak U, Almeida RJ, Cismondi F, Reti SR, *et al.* Mortality prediction of septic shock patients using probabilistic fuzzy systems. *Appl Soft Comput* [Internet]. 2016;42:194–203. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2016.01.005>
189. Ferreira MC, Salgado C, Viegas JL, Schafer H, Azevedo C, Vieira SM, *et al.* Fuzzy modeling based on Mixed Fuzzy Clustering for health care applications. *Proc 2015 IEEE Int Conf Fuzzy Syst.* 2015;(2).
190. Pereira RDMA, Salgado CM, Dejam A, Reti SR, Vieira SM, Sousa JMC, *et al.* Fuzzy modeling to predict severely depressed left ventricular ejection fraction following admission to the intensive care unit using clinical physiology. *Sci World J.* 2015;2015:7–10.
191. Salgado CM, Vieira SM, Mendonça LF, Finkelstein S, Sousa JMC. Ensemble fuzzy models in personalized medicine: Application to vasopressors administration. *Eng Appl Artif Intell* [Internet]. 2016;49:141–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.engappai.2015.10.004>
192. Fialho AS, Cismondi F, Vieira SM, Reti SR, Sousa JMC, Finkelstein SN. Data mining using clinical physiology at discharge to predict ICU readmissions. *Expert Syst Appl* [Internet]. 2012;39(18):13158–65. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.086>
193. Cismondi F, Celi LA, Fialho AS, Vieira SM, Reti SR, Sousa JMC, *et al.* Reducing unnecessary lab testing in the ICU with artificial intelligence. *Int J Med Inform* [Internet]. 2013;82(5):345–58. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2012.11.017>
194. Bezdek, James C.; Keller, James; Krishnapuram, Raghu; Pal NR. *FUZZY MODELS AND ALGORITHMS FOR PATTERN RECOGNITION AND IMAGE PROCESSING.* Springer S. New York: Kluwer Academic Publishers; 1999. volume 4.
195. Polikar R. Ensemble based systems in decision making. *Circuits Syst Mag IEEE.* 2006;6(3): 21–45.
196. Mazumdar M, Glassman JR. Prognostic Variables: Categorizing a Prognostic Variable: Review of Methods, Code for Easy Implementation and Applications to Decision-Making about Cancer Treatments. *Stat Med* 19, 113–132. 2000;19:113–32.
197. ROBERT TIBSHIRANI. Regression Shrinkage and Selection via the Lasso. *J R Stat Soc Ser B.* 1996;58(1):267–88.
198. Steyerberg E. *Clinical prediction models: a practical approach to development, validation, and updating.* New York: Springer; 2009.

199. Debray TPA, Vergouwe Y, Koffijberg H, Nieboer D, Steyerberg EW, Moons KGM. A new framework to enhance the interpretation of external validation studies of clinical prediction models. *J Clin Epidemiol* [Internet]. 2015;68(3):279–89. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinepi.2014.06.018>
200. Salgado CM, Fernandes MP, Horta A, Xavier M, Vieira SM, Sousa JMC. Multistage modeling for the classification of numerical and categorical datasets. *Fuzzy Syst (FUZZ-IEEE)*, 2017 IEEE Int Conf IEEE. 2017;1–6.
201. Sturges J, Clapp JT, Fleisher LA. Shared decision-making in peri-operative medicine: a narrative review. *Anaesthesia*. 2019;74:13–9.
202. Shadmi E, Freund T. Targeting patients for multimorbid care management interventions: The case for equity in high-risk patient identification. *Int J Equity Health*. 2013;12(1):2–5.
203. Freund T, Mahler C, Erler A, Gensichen J, Ose D, Szecsenyi J, et al. Identification of patients likely to benefit from care management programs. *Am J Manag Care*. 2011;17(5):345–52.
204. Johnston MJ, Arora S, King D, Bouras G, Almoudaris AM, Davis R, et al. A systematic review to identify the factors that affect failure to rescue and escalation of care in surgery. *Surg (United States)* [Internet]. 2015;157(4):752–63. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.surg.2014.10.017>
205. Eappen S, Lane BH, Rosenberg B, Lipsitz SA, Sadoff D, Matheson D, et al. Relationship between occurrence of surgical complications and hospital finances. *JAMA – J Am Med Assoc*. 2013;309(15):1599–606.
206. Gani F, Makary MA, Wick EC, Efron JE, Fang SH, Safar B, et al. Bundled payments for surgical colectomy among medicare enrollees: Potential savings vs the need for further reform. *JAMA Surg*. 2016;151(5):1–7.
207. Regenbogen SE, Cain-Nielsen AH, Norton EC, Chen LM, Birkmeyer JD, Skinner JS. Costs and consequences of early hospital discharge after major inpatient surgery in older adults. *JAMA Surg*. 2017;152(5):e170123.
208. Zogg CK, Ottesen TD, Kebaish KJ, Galivanche A, Murthy S, Changoor NR, et al. The Cost of Complications Following Major Resection of Malignant Neoplasia. *J Gastrointest Surg*. 2018;22(11):1976–86.
209. Pradarelli JC, Healy MA, Osborne NH, Ghaferi AA, Dimick JB, Nathan H. Variation in medicare expenditures for treating perioperative complications: The cost of rescue. *JAMA Surg*. 2016;151(12).
210. Salgado CM, Fernandes MP, Horta A, Xavier M, Sousa JMC, Vieira SM. Multistage modeling for the classification of numerical and categorical datasets. *IEEE Int Conf Fuzzy Syst*. 2017;

211. Horta AB, Salgado C, Fernandes M, Vieira S, Sousa JM, Papoila AL, et al. Clinical decision support tool for Co-management signalling. *Int J Med Inform* [Internet]. 2018 Feb [cited 2018 Feb 25];113:56–62. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1386505618301060>
212. Aboab J, Celi LA, Charlton P, Feng M, Ghassemi M, Marshall DC, et al. A “ datathon ” model to support cross-disciplinary collaboration. *Sci Transl Med*. 2016;8(333):1–6.



## 7. APÊNDICES

### 7.1. INSTRUMENTOS APLICADOS

#### 7.1.1. Questionário aplicado para escolha das variáveis do estudo

O questionário abaixo foi aplicado a dois médicos da UCI (Director da UCI e um médico especialista da UCI), a dois anestesistas (Director do Serviço de Anestesia e anestesista responsável pela consulta de avaliação pré-anestésica) e 4 cirurgiões (todos especialistas residentes do hospital).

As perguntas colocadas tiveram como objectivo extrair conhecimento empírico dos médicos decisores quanto aos factores que consideravam para justificar a selecção dos doentes.

O questionário é um questionário simples, aplicado com recurso a entrevista, de forma a melhor explicar o pretendido com cada questão. As entrevistas foram feitas de forma individual com cada um dos decisores e depois de explicado o objectivo da aplicação do questionário.

Começou-se por fazer uma explicação geral do projecto de doutoramento.

Explicaram-se quais eram os objectivos da entrevista, nomeadamente conhecer a opinião médica sobre:

- a) Quais os factores dos doentes que consideram na selecção dos doentes para terem a colaboração da equipa de MI de enfermaria no controlo clínico do doente na enfermaria
- b) Quais os factores da intervenção anestésica que fazem escolher os diferentes locais onde podem colocar o doente para fazer o recobro

- c) Quais os factores da intervenção cirúrgica que fazem escolher os diferentes locais onde podem colocar o doente para fazer o recobro

Explicitou-se de forma clara que se pretendia saber o que faziam na prática diária e não o que deveriam fazer.

Incentivou-se a serem feitas perguntas e questionou-se se seria útil reunir com outros colegas.

### **QUESTIONÁRIO:**

As perguntas que são efectuadas são respeitantes unicamente à CCR e pretendem ser desafiantes para lançar a discussão.

Considerando a necessidade da equipa de MI assistir aos doentes na enfermaria, quais as respostas às seguintes perguntas:

1. Que co-morbilidades (Cm) mais valorizam na vossa prática?
  - a) Em termos de carga de Cm, se tivessem que definir um ponto de corte qual seria?
  - b) DPOC interessa? Importa o estadio/PFR?
  - c) Tabagismo
  - d) Doença Cardio-Vascular
  - e) Doença Cerebro-Vascular
  - f) DM
  - g) Neoplasia como Cm interessa?
2. A idade do doente é uma variável que consideram para indicar a necessidade de CG? Qual o ponto de corte subjectivo?
3. O diagnóstico que motiva a intervenção é importante?
4. O risco da cirurgia modifica a decisão do local onde o doente faz o recobro? Como classificariam o risco cirúrgico (em CCR)?
5. A escala ASA-PS deve ser considerada para avaliação de risco do doente em pós-operatório?

6. A urgência da cirurgia é importante para a definição do local de recobro? E para a MI assistir aos doentes na enfermaria?
7. Quais os factores intra-operatórios que valorizam para sinalizar o doente à equipa de MI?
  - a) Perda de sangue
  - b) Estabilidade hemodinâmica intra-operatória
    - i. Hipotensão
    - ii. Arritmias
    - iii. Hipertensão
    - iv. Combinação de alguns acima
8. Duração da cirurgia? Usam algum ponto de corte?
9. A hora de fim da cirurgia deve ser considerada?
10. Todos os anestesistas usam os mesmos critérios?
11. Açam que os diferentes cirurgiões têm diferentes exigências de vigilância pós-operatória em relação aos seus doentes, e que são clinicamente justificadas?
12. Que informações são passadas ao Director da UCI para ele decidir onde o doente faz o recobro e se a equipa de MI é sinalizada para fazer CG?
13. O que faria cancelar uma cirurgia se não tivessem uma vaga de UCI ou UCint?

As respostas dadas pelos colegas às perguntas colocadas nas entrevistas realizadas estão na Tabela XIV apresentada abaixo.

**TABELA XIV** Respostas às perguntas da entrevista aos anestesiistas, intensivistas e cirurgiões.

RESPOSTAS			
PERGUNTAS	ANESTESISTAS	INTENSIVISTAS	CIRURGIÕES
Que co-morbilidades (Cm) mais valorizam na vossa prática?			
Em termos de carga de Cm, se tivessem que definir um ponto de corte qual seria?	Talvez mais de 3	Talvez mais de 3	
DPOC interessa? Importa o estadio/PFR?	Medição da gravidade da DPOC é apenas clínica pelos equivalentes metabólicos	Sim, para a previsão de mais infecções respiratórias no pós-operatório	
Tabagismo	Não lhes interessa senão pela DPOC		
Doença CardioVascular	Na doença cardíaca interessa: i) a tolerância o esforço medida clinicamente pelos equivalentes metabólicos; ii) se teve angioplastia; Estenose Ao <1cm <sup>2</sup> ; só é pedido ETT se ICC de novo ou descompensada; HTPulmonar grave interessa-lhes muito		
Doença CerebroVascular	Só pela eventual agitação no pós-operatório		
DM	Todos: DM deve fazer referenciar à MI		
Neoplasia como Cm interessa?	Dividiu-se a opinião em todos os grupos profissionais		
A idade do doente é uma variável que consideram para indicar a necessidade de CG? Qual o ponto de corte subjectivo?	Todos concordaram que apesar de estar escrito que não é uma variável importante os médicos do HLL consideram a idade no julgamento da necessidade de CG		
O diagnóstico que motiva a intervenção tem importância?	Só se doente séptico		A neoplasia talvez acarrete mais problemas no pós-operatório
O risco da cirurgia modifica a decisão do local onde o doente faz o recobro? Como classificariam o risco cirúrgico (em CCR)?	Para todos: cirurgia minimamente invasiva tem muito menos riscos de complicações intra e pós-operatórias		

RESPOSTAS				
PERGUNTAS		ANESTESISTAS	INTENSIVISTAS	CIRURGIÕES
A escala ASA-PS deve ser considerada para avaliação de risco do doente em pós-operatório?		Para os anestesiistas não interessa, mas fazem porque é boa prática	Sem opinião	
A urgência da cirurgia é importante para a definição do local de recobro? E para a MI assistir aos doentes na enfermaria?		Todos concordaram que a cirurgia de urgência de certeza acarreta mais risco de complicações pós-operatórias. Sim, deve fazer referenciar o doente à MI desde que o risco cirúrgico seja intermédio ou alto.		
Quais os factores intra-operatórios que valorizam para sinalizar o doente?				
a. Perda de sangue?		Importante. Para os anestesiistas o ponto de corte em ≥3U CE;	Importante. Para os intensivistas o ponto de corte é ≥2U CE	Importante
b. Estabilidade hemodinâmica intra-operatória	Hipotensão		Em especial no doente com D. Cardio ou Cérebro Vascular.	
	Arritmias	Para os anestesiistas: se de novo	Para os intensivistas: sempre	
	Hipertensão		Não é importante	
	Combinação de alguns acima		Não foi respondido	
Duração da cirurgia? Usam algum ponto de corte?		Sim se ≥ 6h		Não
A hora de fim da cirurgia é importante?		Todos: sim porque a UCPA fecha e não há anestesiista nem enfermeiro para tomar conta do doente		
Açam que todos os anestesiistas usam os mesmos critérios?		Todos: Não		
Açam que os diferentes cirurgiões têm diferentes exigências de vigilância pós-operatória em relação aos seus doentes, e que são clinicamente justificadas?		Todos: sim e a maioria sem justificação clínica, apenas por hábito		
Que informações são passadas ao Director da UCI para ele decidir onde o doente faz o recobro e se a equipa de MI é sinalizada para fazer CG?		Idade do doente, Cm particulares ou muitas, status ASA, risco do procedimento		
O que vos faria cancelar uma cirurgia se não tivessem uma vaga de UCI ou UCint?		A expectativa de que o doente possa estar instável à saída do BO		

Verificámos que foi muito difícil extrair dos médicos o seu conhecimento empírico, provavelmente porque:

- › De forma geral os médicos tiveram muita dificuldade em objectivar a sua atitude,

- › Muitos dos médicos sentiram-se desconfortáveis com as perguntas possivelmente por se sentirem expostos e auditados na sua prática (ainda que tivesse sido assegurado qual o objectivo das perguntas).

Foi possível, com todas as limitações apontadas, concluir das respostas dadas que não havia nenhum critério clínico que não estivesse já explanado na literatura. Foram, no entanto, apontados alguns critérios de ordem logística que se prendem com a hora de encerramento da UCPA que, estando fechada depois das 0h, obriga a que os doentes que terminam a intervenção cirúrgica depois daquela hora façam obrigatoriamente o recobro numa das unidades de alta vigilância (UCI ou UCInt).

#### **7.1.2. Questionário aplicado para escolha da classificação de risco cirúrgico**

Para apoiar a escolha de qual a escala de risco cirúrgico a utilizar no estudo, optou-se por realizar um pequeno questionário informal a 15 cirurgiões experientes de dois hospitais diferentes (do hospital onde decorre o estudo e de um outro hospital do mesmo grupo hospitalar).

O objectivo foi perceber qual era, na opinião dos colegas, a classificação de risco dos procedimentos de CCR que tinham sido considerados neste estudo.

O questionário apresentou o problema com uma redacção que teve por objectivo eliminar outros factores confundentes para a atribuição desta classificação.

**QUESTIONÁRIO:**

“Num doente com 50 anos sem patologia prévia (sem co-morbilidades) e sem terapêutica habitual, como classificaria o risco inerente ao procedimento cirúrgico?

Atribua a cada procedimento uma classificação de baixo intermédio ou alto risco do procedimento. Assinale na tabela abaixo a sua classificação para cada um dos procedimentos. Modificaria a classificação atribuída caso a cirurgia fosse urgente?”

**TABELA XV** Tabela apresentada aos cirurgiões para atribuição do risco do procedimento cirúrgico.

		ALTO RISCO	RISCO INTERMÉDIO	BAIXO RISCO
1 RAR	VL			
	VA			
2 HARTMANN	VL			
	VA			
3 HEMICOLECTOMIA ESQ.	VL			
	VA			
4 COLECTOMIA TOTAL	VL			
	VA			
5 HEMICOLECTOMIA DTA	VL			
	VA			
	VA			
Se a cirurgia for urgente o risco aumenta de nível?		Sim		Não

RAR= ressecção anterior do recto; VL= via laparoscópica; VA= via abdominal — laparotomia

**RESULTADOS:**

Os resultados ao questionário estão apresentados na Tabela XVI abaixo.

**TABELA XVI** Tabela para atribuição do risco do procedimento cirúrgico — resultados de respostas de 15 cirurgiões.

		ALTO RISCO	RISCO INTERMÉDIO	BAIXO RISCO
1 <b>RAR</b>	VL	8	7	
	VA	13	2	
2 <b>HARTMANN</b>	VL		8	7
	VA		5	10
3 <b>HEMICOLECTOMIA ESQ.</b>	VL	2	13	
	VA	2	13	
4 <b>COLECTOMIA TOTAL</b>	VL	14	1	
	VA	13	2	
5 <b>HEMICOLECTOMIA DTA</b>	VL		10	5
	VA		14	1
Se a cirurgia for urgente o risco aumenta de nível?		Sim= 13		Não= 2

RAR= ressecção anterior do recto; VL= via laparoscópica; VA= via abdominal — laparotomia

Neste inquérito verificou-se que, também entre cirurgiões do mesmo local de trabalho, nem sempre havia consenso na atribuição de um mesmo risco a diferentes procedimentos. Apesar de não ter sido perfeito, existiu algum consenso na classificação de risco de todos os procedimentos com excepção do procedimento Ressecção Anterior do Recto (RAR) para o qual a opinião dos cirurgiões do HLL claramente se dividiu entre risco intermédio e alto risco quando o procedimento fosse por via laparoscópica. Um outro aspecto que reuniu unanimidade é que sempre que o procedimento fosse urgente o risco atribuído eleva-se para o nível acima. Esta classificação de risco encontra a sua semelhança mais marcada na classificação utilizada na construção do score S-MPM, motivo pelo qual se decidiu utilizar esta classificação de risco cirúrgico.



## 7.2. Informação estatística

### 7.2.1. Análise univariável

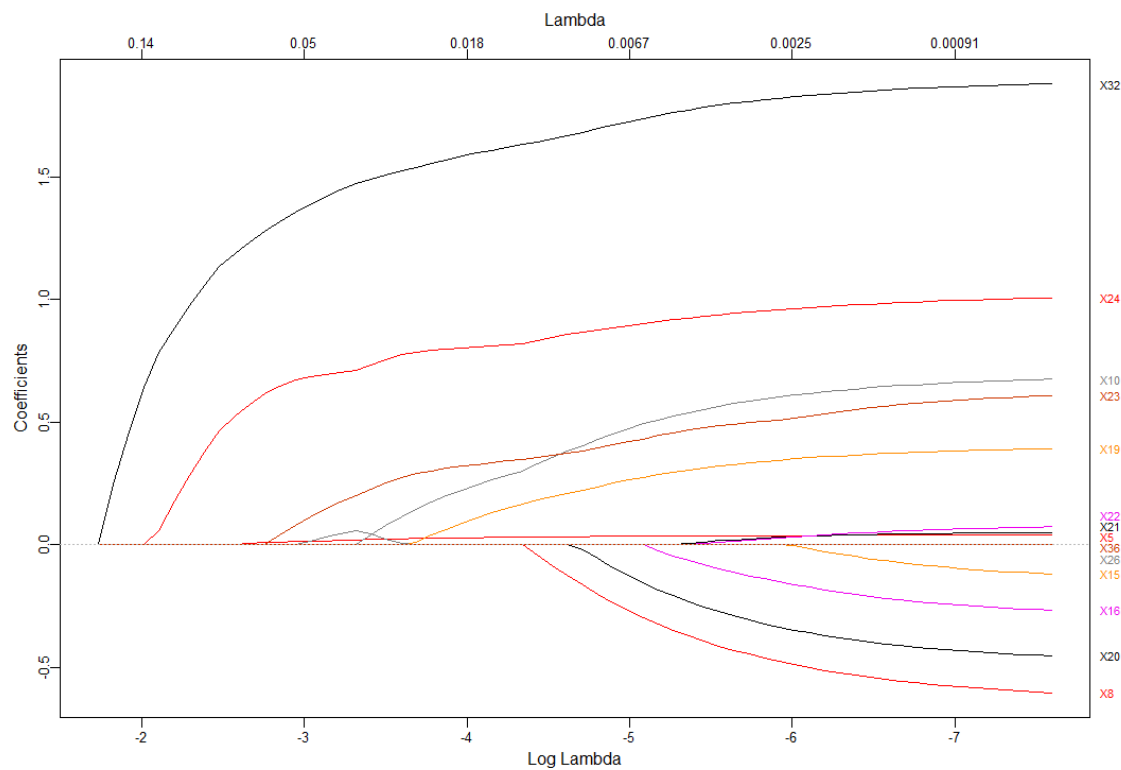
**TABELA XVII** Análise univariável

VARIÁVEL	OR ESTIMATE (95%CI)	P
Neoplasia	0.669(0.383,1.177)	0.159
Risco Cirúrgico (alto)	3.550(1.983,6.591)	<0.001
Tempo de Recobro Bin	11.174(6.061,21.090)	<0.001
Cm-Burden <sup>#</sup> Bin	4.222(2.367,7.568)	<0.001
ASA-PS <sup>##</sup> Bin	7.307(4.009,13.486)	<0.001
S-MPM <sup>###</sup> Bin	7.382(3.959,13.906)	<0.001
Cm-DPOC <sup>*</sup>	1.308(0.501,3.033)	0.553
Cm-CV <sup>**</sup>	3.191(1.692,5.939)	<0.001
Cm-DCV <sup>***</sup>	2.864(1.026,7.455)	0.035
Cm-Renal	3.144(1.412,6.767)	0.004
Cm-DM <sup>****</sup>	2.549(1.129,5.487)	0.019
Cm-HTA	2.530(1.394,4.804)	0.003
Cm-Tabagismo	0.743(0.338,1.495)	0.428
Cm-outras	2.282(1.151,4.954)	0.025
Laparotomia	3.550(1.983,6.591)	<0.001
Urgência	2.265(1.222,4.126)	0.008
Idade	1.083(1.053,1.116)	<0.001

\*DPOC= Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica; \*\*CV= Doença Cardio-Vascular; \*\*\*CVD= Doença Cerebro-Vascular; \*\*\*\*DM= Diabetes Mellitus; Bin=Binária;

Cm= Comorbilidade; <sup>#</sup>Cm-Burden= Carga de Comorbilidades; <sup>##</sup>ASA-PS= *American Society of Anaesthesiologists Physical Status classification system*; <sup>###</sup>S-MPM= *Surgical Mortality Probability Model*.

7.2.2. Análise lasso



X5= Idade	X16= DCV	X22= Outras	X36= Risco Cirúrgico alto
X8= Urgente	X18 = Doença Metastática	X23= Cm-Burden Bin	X40= Diagnóstico pré-operatório
X10= Laparotomia	X19 = HTA	X24= ASA-PS Bin	
X13= DPOC	X20= DM	X26= S-MPM Bin	
X15= CV	X21= Renal	X32= Tempo de Recobro Bin	

7.2.3. Fórmulas dos modelos das variáveis pré-operatórias

MULTI-STAGE ENSEMBLE MODEL (RF MODEL 1)		
Stage 1	$y = -4.62 + 2.06\text{Age} + 1.69\text{CM-burden} + 0.71\text{ASA} + 2.31\text{S-MPM}$	
Stage 2	Model 1	Rule 1: If Y1 is A11 then $y = -0.013 + 1.028Y_1$
		Rule 2: If Y1 is A11 then $y = -0.159 + 1.997Y_1$
	Model 2	Rule 1: If Y1 is A11 then $y = -0.017 + 1.098Y_1$
		Rule 2: If Y1 is A11 then $y = 0.008 + 0.953Y_1$

MULTI-STAGE ENSEMBLE MODEL (RR MODEL 2)		
Stage 1	$y = -4.62 + 2.06\text{Age} + 1.69\text{CM-burden} + 0.71\text{ASA} + 2.31\text{S-MPM}$	
Stage 2	Model 1	$y = -5.75 + 1.95\text{Age} + 2.44\text{CM-burden} + 3.6\text{ASA} + 2.72\text{S-MPM}$
	Model 2	$y = -6.83 + 4.15\text{Age} + 3.84\text{CM-burden} + 2.11\text{ASA} + 5.05\text{S-MPM} + 5.05\text{Y1}$

MULTI-STAGE ENSEMBLE MODEL (RSF MODEL 3)		
Stage 1	$y = -4.95 + 2.73\text{Age} + 1.55\text{CM-burden} + 0.25\text{ASA} + 2.51\text{S-MPM}$	
Stage 2	Model 1	Rule 1: If Age is A11 and CM-burden is A12 and ASA is A13 and S-MPM is A14, then $y = -0.143 + 0.126\text{Age} + 0.172\text{CM-burden} + 0.264\text{ASA} + 0.281\text{S-MPM}$
		Rule 2: If Age is A11 and CM-burden is A12 and ASA is A13 and S-MPM is A14, then $y = -0.143 + 0.209\text{Age} + 0.068\text{CM-burden} - 0.048\text{ASA} + 0.443\text{S-MPM}$
	Model 2	Rule 1: If Age is A11 and CM-burden is A12 and ASA is A13 and S-MPM is A14, then $y = -0.176 + 0.189\text{Age} + 0.211\text{CM-burden} + 0.125\text{ASA} + 0.366\text{S-MPM}$
		Rule 2: If Age is A11 and CM-burden is A12 and ASA is A13 and S-MPM is A14, then $y = -0.175 + 0.205\text{Age} + 0.264\text{CM-burden} - 0.013\text{ASA} + 0.417\text{S-MPM}$

MULTI-STAGE ENSEMBLE MODEL (RSR MODEL 4)		
Stage 1	$y = -4.62 + 2.06\text{Age} + 1.69\text{CM-burden} + 0.71\text{ASA} + 2.31\text{S-MPM}$	
Stage 2	Model 1	$y = -5.75 + 1.95\text{Age} + 2.44\text{CM-burden} + 3.6\text{ASA} + 2.72\text{S-MPM}$
	Model 2	$y = -4.62 + 2.06\text{Age} + 1.69\text{CM-burden} + 0.71\text{ASA} + 2.31\text{S-MPM}$

SINGLE MODEL (MODEL 5)	
$y = -4.75 + 1.91\text{Age} + 1.85\text{CM-burden} - 1.41\text{ASA} + 4.13\text{S-MPM}$	

SINGLE MODEL (MODEL 6)	
Rule 1: If Age is A11 and CM-burden is A12 and ASA is A13 and S-MPM is A14, then $y = -0.145 + 0.149\text{Age} + 0.189\text{CM-burden} + 0.118\text{ASA} + 0.356\text{S-MPM}$	
Rule 2: If Age is A11 and CM-burden is A12 and ASA is A13 and S-MPM is A14, then $y = -0.34 + 0.494\text{Age} + 0.308\text{CM-burden} + 0.189\text{ASA} + 0.198\text{S-MPM}$	

#### 7.2.4. Fórmula do modelo das variáveis pré e pós-operatórias

Para estimar a probabilidade de sinalização para CG ( $\hat{\pi}$ ) foi usada a seguinte fórmula:

$$\hat{\pi} = \frac{1}{1+e^{-\hat{\eta}}}, \text{ onde } \hat{\eta} = -5.33 + 0.04 \times Idade + 0.78 \times CmBurden + 0.72 \times ASA + 1.91 \times Tempo \text{ de Recobro} + 0.44 \times Risco \text{ Cirúrgico},$$

e onde os coeficientes estimados foram os obtidos pelo modelo multivariável ajustado ao conjunto global de ambos os conjuntos de desenvolvimento e de validação.

Após obter  $\hat{\pi}$ , valores maiores que 0.18 apoiam a decisão para CG do doente na enfermaria.

### 7.3. PUBLICAÇÕES

#### 7.3.1. Artigos publicados

1. Horta AB. Co-Management ou Responsabilidade Partilhada entre a Medicina Interna e as Especialidades Cirúrgicas : A Identificação dos doentes de alto risco Co-Management between Internal Medicine and Surgical Specialities : The Identification of the High Risk Patien. Med Interna (Bucur). 2017;24(1):44-7.
2. Salgado CM, Fernandes MP, Horta A, Xavier M, Vieira SM, Sousa JMC. Multistage modeling for the classification of numerical and categorical datasets. Fuzzy Syst (FUZZ-IEEE), 2017 IEEE Int Conf IEEE. 2017;1-6.
3. Horta AB, Salgado C, Fernandes M, Vieira S, Sousa JM, Papoila AL, et al. Clinical decision support tool for Co-management signalling. Int J Med Inform [Internet]. 2018 Feb [cited 2018 Feb 25];113:56-62. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1386505618301060>.

## ARTIGO 1

ARTIGOS DE REVISÃO  
REVIEW ARTICLES

## Co-Management ou Responsabilidade Partilhada entre a Medicina Interna e as Especialidades Cirúrgicas: A Identificação dos doentes de alto risco

*Co-Management between Internal Medicine and Surgical Specialities: The Identification of the High Risk Patient*

Alexandra Bayão Horta

## Resumo

A qualidade da assistência a doentes cirúrgicos internados, idosos e portadores de co-morbidades muitas vezes múltiplas implica, nos dias de hoje, a organização dos serviços hospitalares integrando equipas multidisciplinares capazes de abarcar a complexidade dos doentes. Os programas de *co-management* são, entre as formas de organização de serviços hospitalares, os que melhor se adequam para tratar estes doentes. A ponderação dos custos e riscos inerentes ao *co-management* obriga a critérios de seleção dos doentes.

O ajuste do risco cirúrgico dos doentes operados nos hospitais é um requisito que constitui uma pré-condição para monitorizar a qualidade dos cuidados prestados aos doentes. Factores do doente, do hospital e, inerentes à intervenção cirúrgica desenham um cenário de 3 eixos envolvendo o doente, que será inserido na grelha de decisão da escolha do tipo de abordagem mais adequada para cada doente.

A criação de evidência clínica decorrente de investigações inseridas dentro do conceito de *comparative effectiveness research* (CER) é um caminho aberto para uma Medicina Interna moderna. Estudos de selecção de doentes para tratamento multidisciplinar em função dos vários factores referidos e de colaboração no tratamento dos doentes cirúrgicos constituem para a Medicina Interna uma oportunidade de diferenciação que se pretende adaptada às estruturas hospitalares modernas.

**Palavras-chave:** Complicações Pós-Operatórias; Cuidados Pré-Operatórios; Equipa de Assistência ao Doente/organização & administração; Investigação sobre a Eficácia Comparativa; Medicina Interna; Médicos Hospitalares; Procedimentos Cirúrgicos Operatórios; Tomada de Decisão.

## Introduction

The quality of care of surgical in-patients is critically dependent on the medical teams' capacity to integrate the com-

## Abstract

Quality of care for older surgical in-patients, often suffering from pre-existing co-morbidity, requires hospital organization fostering the cooperation of multi-disciplinary teams. Co-management programmes have proved to be the most adequate for this purpose. However, the costs involved in this approach warrant careful patient selection.

Ascertaining surgical risk in individual patients is a pre-requisite for quality and outcome control. The patient's specific characteristics, the surgical procedure itself and the institutional environment are the three main groups of inputs for a comprehensive selection and decision-making framework.

Comparative effectiveness research is required to gather clinical evidence to support the rational use of collaborative and differentiated management of selected patients in modern hospital settings.

A literature-based review article was done that included an overview of outcomes research and outcome measures.

**Keywords:** Comparative Effectiveness Research; Decision Making; Hospitalists; Internal Medicine; Patient Care Team/organization & administration; Postoperative Complications; Preoperative Care; Surgical Procedures, Operative.

plexity of multiple problems and pathologies. Cooperation between the two basic hospital specialists – internists and surgeons – has evolved over the years.

In the last 20 years the development of minimally invasive and more controlled surgical techniques has allowed for surgical intervention in older, more debilitated and more

Hospital da Luz, Lisboa, Portugal  
ORCID ID: [orcid.org/0000-0002-8696-6089](https://orcid.org/0000-0002-8696-6089)



multi-diseased patients. Patients in surgical wards are prone to decompensate from the surgical stress burden superimposed on complex underlying pathologies and, often, drug interactions.

More than 230 million major surgical procedures are performed every year. Although the risk is very low for most patients, there is evidence that post-surgical complications are an important cause of mortality.<sup>1,2</sup> Also, patients who suffer complications and survive, endure long-term functional disabilities and have a reduced life-span.<sup>3</sup>

Even though differences exist between countries and institutions, most patients have a pre-operative anaesthetic evaluation, undergo surgery in operating theatres, recover in post-anaesthetic units for a number of hours, and are transferred to surgical wards thereafter. This standard approach is adequate for most cases but is insufficient for high risk patients.

A recent multi-centric study involving 28 European countries and coordinated by the European Societies of Surgery, Intensive Care and Anaesthesiology showed a higher than expected in-hospital mortality for non-cardiac surgery, namely 4%, against previously reported levels between 1.3% and 2%.<sup>4</sup> Seventy percent of readmissions for surgical patients are due to decompensated medical conditions.<sup>5,6</sup>

Internal Medicine's role in this scenario may potentially allow for earlier control of medical decompensated conditions and earlier diagnosis of post-operative complications. These reasons warrant the cooperation of Internal Medicine specialists in the surgical units, with special attention to medical complex patients and to the coordination of other specialists. Several cooperation models exist, with differing virtues and faults. Nowadays, the trend is toward models in which Internal Medicine specialists manage the complex patient, irrespective of the admitting specialist – the co-management / shared responsibility ("CSR").

### Co-management / shared responsibility

Co-management / shared responsibility (CSR) of surgical patients refers to patient care in which the medicine physician daily assesses acute issues, addresses medical comorbidities, communicates with surgeons, and facilitates patient care transition from the acute care hospital setting; in this organisation model the management of surgical patients is shared between surgeons and hospitalists/internal medicine specialists. Adequate planning and careful implementation are required for such a model to succeed, of which the correct definition of the eligible patient population is paramount. Patients should not be elected on the basis of existing capacity. Indeed, excessive selection carries unnecessary costs and risks through, namely, diagnostic procedures. Identifying patients for CSR is fraught with difficulties due to the multiplicity and interaction of concurring factors for surgical outcome. These factors include (i) ex ante health status, i.e., pre-existing

known risk factors, (ii) type of procedure, i.e., factors inherent to the surgical act, (iii) intra and post operative complications and (iv) specific conditions of the hospital, namely the number of procedures and skill of the operating surgeon, the availability of recovery units and the quality of supervision in the wards. Adequate patient selection and post-operative follow-up influence the surgical outcome.<sup>7</sup>

The three main factors for CSR eligibility are (a) patient related, (b) hospital related and (c) procedure related. The framework will have to be dynamic in order to accommodate changes in patient status and procedure type. According to a specific patient's evolution, CSR eligibility may be determined or reversed. The benefits and costs of CSR should be factored in in a multi-entry decision framework.

The main benefits of CSR are (i) inducing a prevention attitude in regard to complications; (ii) earlier detection of complications; (iii) integration and coordination of complication treatment, as opposed to discrete interventions dictated by acute situations. The main costs are (i) feelings of reduced autonomy and authority on the part of the surgeon in charge, (ii) increased variable financial costs linked to the number of referrals to CSR and (iii) increased fixed financial costs and lack of flexibility due to the increase in resident staffing to allow for the availability of CSR.

Comparative effectiveness research (CER) consists in comparing direct interventions in health care looking for the optimal approach considering patient and environment characteristics. Comparisons are performed using risk – benefit criteria to adequately support decision taking both at individual patient level and at general population level.<sup>8</sup> The USA has specific budgets for these activities.

### Known pre-operative risk factors

A number of pre-operative characteristics influence surgical outcomes and may thus be used to select higher risk patients.

Co-morbidity, and in particular if multiple, is a major predicting factor for morbidity and mortality. Diabetes mellitus, chronic hepatic disease, chronic renal insufficiency, chronic obstructive pulmonary disease, primary and secondary neoplasms and cardiac disease in general and, in particular arrhythmia, coronary disease and cardiac insufficiency, are all known risk factors.<sup>9,10</sup>

Several indices assess risk using pre-operative factors. Among those, the ASA-PS score is perhaps the most known. It is easy to apply and uses the patient's general condition and the co-morbidities. It is a good predictor of potential post-operative morbidity and mortality. The most important limitations are: 1) but does not incorporate operative risk; 2) has a moderate interrater reliability; 3) has a diminished accuracy in settings with high overall mortality rates.<sup>11-13</sup>

The Charlson comorbidity index, is an index which factors pre-operative comorbidity in order to predict long-term survival. This index is difficult to apply at bedside or on pre-opera-



tive anaesthetic consultation and is commonly used in clinic-epidemiologic studies.<sup>14</sup>

Organ specific scoring scales also exist, such as the Revised Cardiac Index, which estimates the risk of cardiac postoperative complications; this index does not incorporate several other prognostically important risk factors, which frequently justify the peri-operative morbidity. Furthermore, it does not factor surgical risk.

Most indices leave out patient age which, by itself, carries an independent higher risk for post-operative complications, not only due to more pre-existent co-morbidity but also due to lesser organ functional reserve.<sup>12,14,15</sup>

More recently, driven by these limitations, online web-based calculators have been created and facilitated the implementation of more complex prediction risk tools into clinical practice. The key example of this is the American College of Surgeons risk calculator which uses clinical prediction models developed using the National Surgical Quality Improvement Program (NSQIP). The prediction models were derived in a very large multicentre observational dataset, have moderate-to-good accuracy at predicting a range of postoperative events, but is not validated in settings outside the USA.<sup>16</sup>

Last but not least, the pre-existence of chronic multiple medication must also be considered, both that directed at preserving homeostasis and that directed at neurologic or psychiatric conditions, including anxiolytics and hypnotics. The withdrawal of these drugs may induce significant discomfort.

### Specific surgical procedure related risk factors

Surgical procedures are commonly classified as high, medium or low-risk on a scale of rising complexity from 1 to 5. What was classified 50 years ago as complex surgery such as biliary duct procedures or colonic resection is presently regarded as having a grade 3 complexity.

In grade 3 or less complexity procedures, the factors which are inherent to the patient dominate the mortality risk. In grade 4 or 5, although patient related factors still retain some importance, risk is dominated by the surgical procedure. Whenever innovative surgical procedures become standardized overtime and their own risk is more controlled, the patient's specific conditions become the major mortality determinant, but only on extreme situations.<sup>17</sup>

Long duration and emergency have a high impact on the overall surgical outcome. Emergency procedures carry higher morbidity and higher mortality, even after adjustment for all other concurring factors; the same is true for the duration of the surgical intervention.<sup>1,15,18</sup> On the study conducted by Rupert Pearce, the high risk population was defined as presenting a combination of (i) old age, (ii) co-morbidity, (iii) high risk surgical procedure, defined as carrying a mortality risk over 5% and (iv) emergency intervention.<sup>4</sup>

A number of post-operative risk scales exist, assessing

morbidity and mortality risks and integrating both patient and procedure related factors. One of the most widely used and tested scoring systems is the P-POSSUM (Portsmouth Physiological and Operative Severity Score for the enUmeration of Mortality and morbidity). It incorporates a set of 12 physiological parameters and 6 intra-operative variables into a complex set of mathematical equations for predicting morbidity and mortality.<sup>19</sup> The most important limitation of this tool is its complexity and difficulty to apply, as well its tendency to overestimate or underestimate mortality and morbidity in some surgical populations.

There are other surgical risk scores as the Surgical Apgar score. Is a very simple 10 point risk index that predicts post-operative morbidity and mortality based on three operative characteristics: tachycardia, hypotension and estimated blood loss. It is validated in several institutions and countries and it allows early operative identification of patients who warrant more intensive monitoring.<sup>20</sup>

Recently, a new scoring system was developed – the S-M-PM, Surgical Mortality Probability Model – which uses 9 variables, including the ASA-PS score, the specific surgical risk and its urgency. This scoring system is simple and assesses the 30 day mortality risk for non-cardiac surgery, but is only adequate to measure the risk in a preoperative stage because it does not consider the intraoperative variables.<sup>21</sup>

Although these surgery specific scoring systems are useful, they do not incorporate the location of the post-operative recovery – namely if on an ICU – as a possible risk determining variable.<sup>22</sup> Another short-come of these scoring systems is that, by targeting the 30 day mortality risk, they do not address the risk of post-operative complications which are also the cause of significant morbidity, cost increase and increase in duration of stay. Cost and duration of stay control are increasingly under the scrutiny of third-party payers developing "pay-for-performance" approaches. Furthermore, some studies indicate a connection between post-operative complications in the first 30 days and long-term outcomes and suggest that better control of these complications may lead to longer term morbidity and overall cost reductions.<sup>7</sup>

### Institutional environment related risk factors

One of the important factors for the surgical outcome is the supply-side possibilities on offer at a particular institution.

In contrast to the admission of medical patients, there are no universal criteria for the admission of post-operative patients in Intensive or in Intermediate care units. Post-operative patients who were initially in wards and who at a later stage required transfer to ICUs had significantly higher mortality rates and costs than those who have their immediate post-operative periods in ICUs.<sup>4,5</sup> Objective and evidence-based criteria would be helpful in selecting up-front patients likely to benefit from admission in ICUs.



The concept of "failure to rescue" is useful in this context. It is calculated as the ratio between deaths from post-operative complications and all patients with such complications.<sup>23</sup> The focus of this approach is diverted from prevention of complications to their early detection and optimal treatment when established.

## Conclusion

High risk surgical patients have high morbidity and high mortality, even in developed countries. Several pre-operative and intra-operative variables are determinants of these outcomes. Identification and signalling of high risk patients is still difficult but carries significant rewards.

The study of dynamic selection criteria and scoring for patients undergoing surgical procedures, including post-operative phases, integrating country and institution specific elements and data should be pursued to improve outcomes for complex patients and optimize Internal Medicine's intervention in these settings.

The increase in the number of surgical interventions, which is likely in the coming years, will magnify in absolute terms the benefits that any improvement in the prevention and management of post-operative complications may bring. In this context, CSR programmes will probably thrive and disseminate, requiring further mutual adaptation and cooperation between Surgeons and Internists. ■

Conflitos de interesse: Os autores declaram não possuir conflitos de interesse.

Conflicts of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Suporte financeiro: O presente trabalho não foi suportado por nenhum subsídio ou bolsa.

Financing Support: This work has not received any contribution, grant or scholarship.

Alexandra Bayão Horta - e-mail: abhorta257@gmail.com  
Filiation:  
NOVA Medical School/Faculdade de Ciências Médicas  
Campo Mártires da Pátria, 130  
1169-056 Lisboa, Portugal  
Hospital da Luz-Lisboa - Av. Lusíada, 100, 1600-650 Lisboa, Portugal

Recebido/Received: 25/01/2017

Aceite/Accepted: 05/02/2017

## REFERENCES

1. Pearse RM, Harrison DA, James P, Watson D, Hinds C, Rhodes A, et al. Identification and characterisation of the high-risk surgical population in the United Kingdom. *Crit Care*. 2006;10:10-5.
2. Weiser TG, Regenbogen SE, Thompson KD, Haynes AB, Lipsitz SR, Berry WR, et al. An estimation of the global volume of surgery: a modelling strategy based on available data. *Lancet*. 2012;372:139-44.
3. Khuri SF, Henderson WG, Depalma RG. Determinants of long-term survival after major surgery and the adverse effect of postoperative complications. *Ann Surg*. 2005;242:326-43.
4. Jhanji S, Thomas B, Ely A, Watson D, Hinds CJ, Pearse RM. Mortality and utilisation of critical care resources amongst high-risk surgical patients in a large NHS trust. *Anaesthesia*. 2008;63:695-700.
5. Jencks SF, Williams MV, Coleman EA. Rehospitalizations among patients in the Medicare fee-for-service program. *N Engl J Med*. 2009;360:1418-28.
6. Noordzij P, Poldermans D, Shouten O, Al E. Postoperative mortality in the Netherlands: a population-based analysis of surgery-specific risk in adults. *Anesthesiology*. 2010;112:1105-15.
7. Sobol JB, Wunsch H. Triage of high-risk surgical patients for intensive care. *Crit Care*. 2011;15:217.
8. Comparative Effectiveness Research Definition. [accessed Jul 2016] Available from: <http://effectivehealthcare.ahrq.gov/index.cfm/what-is-Comparative-Effectiveness-research/1/n.d>.
9. Janssen-heijnen ML, Maas HA, Houterman S, Lemmens VE, Rutten HJ, Willem J, et al. Comorbidity in older surgical cancer patients: Influence on patient care and outcome. *Eur J Cancer*. 2007;43:2179-93.
10. Lemmens VE, Janssen-Heijnen ML, Verheij CD, Houterman S, Repelaer van Driel OJ, Coebergh JW. Co-morbidity leads to altered treatment and worse survival of elderly patients with colorectal cancer. *Br J Surg*. 2005;92:615-23.
11. Owens W, Felts J, Spitznagel E. ASA Physical Status Classifications: a study of consistency of ratings. *Anesthesiology*. 1978;49:239-43.
12. Wolters U, Wolf T, Stützer H and Schröder T. ASA classification and perioperative variables as predictors of postoperative outcome. *Br J Anaesth*. 1996;77:217-22.
13. Koo CY, Hyder JA, Wanderer JP, Eikermann M, Ramachandran SK. A meta-analysis of the predictive accuracy of postoperative mortality using the American Society of Anesthesiologists' physical status classification system. *World J Surg*. 2015;39:88-103.
14. Charlson M, Pompei P, Ales K, Al E. A New method of classifying prognostic in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis*. 1987;40:373-83.
15. Turrentine FE, Wang H, Simpson VB, Jones RS. Surgical risk factors, morbidity, and mortality in elderly patients. *J Am Coll Surg*. 2006;203:865-77.
16. Bilimoria KY, Liu Y, Paruch JL, Zhou L, Kmieciak TE, Ko CY, et al. Development and evaluation of the universal ACS NSQIP surgical risk calculator: A decision aid and informed consent tool for patients and surgeons. *J Am Coll Surg*. 2013;217:833-842.e3.
17. Aust JB, Henderson W, Khuri S, Page CP. The impact of operative complexity on patient risk factors. *Ann Surg*. 2005;241:1024-8.
18. Procter LD, Davenport DL, Bernard AC, Zwischenberger JB. General Surgical Operative Duration Is Associated with Increased Risk-Adjusted Infectious Complication Rates and Length of Hospital Stay. *J Am Coll Surg*. 2010;210:60-5.
19. Prytherch DR, Whiteley MS, Higgins B, Weaver PC, Prout WG, Powell SJ. POSSUM and Portsmouth POSSUM for predicting mortality. *Br J Surg*. 1998;85:1217-20.
20. Gawande AA, Kwaan MR, Regenbogen SE, Lipsitz SA, Zinner MJ. An Appar Score for Surgery. *J Am Coll Surg*. 2007;204:201-8.
21. Glance LG, Lustik SJ, Hannan EL, Osler TM, Mukamel DB, Qian F, et al. The Surgical Mortality Probability Model. Derivation and Validation of a simple Risk Prediction Rule for Noncardiac Surgery. *Ann Surg*. 2012;255:696-702.
22. Higgins TL. Quantifying risk and benchmarking performance in the adult Intensive Care Unit. *J Intensive Care Med*. 2007;22:141-56.
23. Ghaferi AA, Birkmeyer JD, Dimick JB. Variation in hospital mortality associated with inpatient surgery. *N Engl J Med*. 2009;361:1368-75.



## ARTIGO 2

# Multistage modeling for the classification of numerical and categorical datasets

Cátia M. Salgado<sup>1</sup>, Marta P. Fernandes<sup>1</sup>, Alexandra Horta<sup>2</sup>, Miguel Xavier<sup>2</sup>, João M.C. Sousa<sup>1</sup>, Susana M. Vieira<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> IDMEC, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa  
catiasalgado@live.com, {marta.fernandes,jmsousa, susana.vieira}@tecnico.ulisboa.pt

<sup>2</sup>Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Nova de Lisboa  
ahorta@hospitaldaluz.pt, miguel.xavier@nms.unl.pt

**Abstract**—Logistic regression and Takagi–Sugeno fuzzy models are sequentially trained with categorical and numerical data in an ensemble-based multistage scheme. In the first stage, a logistic regression model is used to transform the binary feature space into a numerical feature that is used to train a second stage of models consisting of an ensemble of two Takagi–Sugeno fuzzy models. In the ensemble, one model is trained in the space of numerical features and first stage prediction values. The other model is trained only with samples that were classified with a low degree of confidence by the first stage model, in the space of numerical variables. The final output is given by the average of the ensemble predictions at second stage. This scheme was devised under the hypothesis that separating binary from numerical features in the modeling process would increase the performance of a single model using both types of features together. The proposed multistage approach is used to solve a clinical classification problem in a Portuguese hospital. The problem consists of predicting comanagement signalling based on patient clinical data, including diagnosis, procedures, comorbidities and numerical scores, collected before surgery. The multistage performed better in the comanagement dataset, and in 2 out of 5 benchmark datasets.

## I. INTRODUCTION

Quality of care for older surgical in-patients, often suffering from pre-existing comorbidities, requires hospital organization fostering the cooperation of multi-disciplinary teams, a concept known as shared care, or comanagement. Comanagement programmes between the two basic hospital specialists – internists and surgeons – has evolved over the years, and have proved to be the most adequate for this purpose [1], [2].

The increase in the number of surgical interventions, which is likely in the coming years, will magnify in absolute terms the benefits that any improvement in the prevention and management of post-operative complications may bring [3]. In this context, comanagement programmes will probably thrive and disseminate, requiring further mutual adaptation and cooperation between surgeons and internists. However, the costs involved in this approach warrant careful patient selection [4].

The patient’s specific characteristics, the surgical procedure itself and the institutional environment are the three main groups of inputs for a comprehensive selection and decision-making framework. The study of dynamic selection criteria and scoring for patients undergoing surgical procedures,

including post-operative phases, should be pursued to improve outcomes for complex patients and optimize internal medicine’s intervention in these settings.

The goal of this work is to determine if it is possible to predict comanagement signalling using patient data collected in the pre-operative period. What characteristics should reliably indicate the need of comanagement, so that a proper allocation of resources can be initiated in a timely manner?

Logistic regression is by far the most popular method among healthcare communities for performing classification tasks. In order to solve the comanagement classification problem, we start with the implementation of logistic regression, and then explore more complex techniques. Fuzzy models have demonstrated their suitability in dealing with complex non-linear systems. In particular, while logistic regression infers a single rule to explain the observed output, dividing the space in two regions, the Takagi–Sugeno fuzzy model allows the creation of various local linear models over the entire feature space. Human knowledge can also be directly encoded into the structure. In many healthcare problems, and in the comanagement prediction in particular, this feature is particularly appealing because important conditions that do not happen frequently enough to be captured in the training data can be manually added to the inference system. Fuzzy models are also very appealing because they allow an easy interpretation of rules using linguistic terms.

The rules in a fuzzy system can be learned from the training data through the use of clustering algorithms or other computational intelligence techniques [5], [6]. However, the traditional clustering algorithms are more suited for numerical data, which can be a significant constraint in many real-world situations where there are not only quantitative but also categorical data [7]. The usual way of dealing with the mixture of variables is to replace the categorical by numerical values and use different objective functions to handle both separately [8]. In this paper, we present a new method to deal with this problem. Logistic regression and Takagi–Sugeno fuzzy models are sequentially trained with categorical and numerical data in a multistage ensemble scheme. The proposed multistage is evaluated in a comanagement dataset and in five benchmark datasets.

## II. METHODS

### A. Logistic Regression

Logistic regression (LR) is a conventional statistical method that models the probability of binary events (e.g., treatment response). It computes a linear classifier to predict the probability,  $(Y = 1 | \mathbf{x}) = \pi(\mathbf{x})$ , of an event that depends on  $M$  independent variables, using a logit function [9]. The LR model is given by:

$$\pi(\mathbf{x}) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p}}, \quad (1)$$

where  $\mathbf{x} = x_1, x_2, x_p$  represents the whole set of variables and  $\beta = \beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$  are the regression coefficients. Dichotomous classification is obtained by applying a threshold  $\delta$  to the probability  $\pi(\mathbf{x})$ . A sample  $\mathbf{x}$  is labelled as 1 if  $\pi(\mathbf{x}) \geq \delta$ .

### B. Takagi-Sugeno Fuzzy Inference

In this work, Takagi-Sugeno (TS) fuzzy models [10] are derived from the data. These consist of fuzzy rules where each rule describes a local input-output relation of the type:

$$R_j : \text{If } x_1 \text{ is } A_{j1} \text{ and } \dots \text{ and } x_M \text{ is } A_{jM} \\ \text{then } d_j(\mathbf{x}) = f_j(\mathbf{x}), j = 1, 2, \dots, K$$

where  $f_j$  is the consequent function of rule  $R_j$  and  $M$  the number of features used. The output of the discriminant function  $d_j(\mathbf{x})$  can be interpreted as a score for the the positive example given the input feature vector  $\mathbf{x}$ . The degree of activation of the  $j$ th rule is given by  $\beta_j = \prod_{h=1}^M \mu_{A_{jh}}(\mathbf{x})$ , where  $\mu_{A_{jh}}(\mathbf{x}) : \mathbb{R} \rightarrow [0, 1]$ . The discriminant output is computed by aggregating the individual rules contributions:  $d(\mathbf{x}) = \frac{\sum_{j=1}^K \beta_j f_j(\mathbf{x})}{\sum_{j=1}^K \beta_j}$ . Similarly to the LR model, a sample  $\mathbf{x}$  is labelled as 1 if  $y(\mathbf{x}) \geq \delta$ . The consequent functions  $f_i(\mathbf{x})$  are linear functions determined by ordinary-least squares (OLS) in the space of the input and output variables.

The number of rules  $K$  and the antecedent fuzzy sets  $A_{jh}$  are determined by fuzzy clustering in the product space of the input and output variables. In this work, two clustering algorithms are investigated: fuzzy c-means (FCM) [11] and possibilistic c-means (PCM) [12]. FCM and PCM consist of algorithms that partition  $\mathbf{x}$  into a number of predefined clusters taking into account the uncertainty of cluster assignment [5], and the desired cluster degree of fuzziness. A common choice of the degree of fuzziness is  $m = 2$  [13] and this value will be used throughout this paper. The main difference between FCM and PCM is that PCM eliminates the constraint that the memberships for each point need to sum to 1 across the clusters [5]. PCM is also very robust to outliers [14].

### C. Model assessment

To assess the performance of the models, sensitivity, specificity, accuracy and area under the receiver-operating characteristic (ROC) curve are calculated. The ROC curve is obtained by plotting the values of sensitivity against the values of 1-specificity for  $\delta = \{0, 0.1, 0.2, \dots, 1\}$ . The area

under the ROC curve (AUC) is estimated through trapezoidal approximation. AUC values of 0.50 correspond to a random classifier and 1 to a perfect classifier.

## III. MULTISTAGE MODELING

The multistage (MS) model proposed in this work is composed of two stages. In the first stage, a LR model  $M^1$  is created in the feature set of the binary features  $S_b = [x_i]$ , where  $i = \{1, 2, \dots, B\}$  and  $B$  equal to number of binary features. In this work,  $M^1$  is viewed as a way of performing feature transformation of the binary variables into a numerical value representing the probability that a certain event will occur.

In the second stage, two TS fuzzy models  $M_1^2$  and  $M_2^2$  are created in the feature set of the numerical features  $S_n = [x_k]$ , where  $k = \{1, 2, \dots, N\}$  and  $N$  equal to number of numerical features. One model,  $M_1^2$ , is trained with all samples, and the other,  $M_2^2$ , is only trained with those samples that were classified with a low confidence level by  $M^1$ , i.e., samples whose prediction outputs are very close to the threshold. In order to capture the information conveyed in the first stage, the output  $Y^1$  of the stage 1 model is used as an input to  $M_1^2$ . On the other hand,  $Y^1$  is not used as an input feature to  $M_2^2$ . This model is trained over a space of samples that are in theory, harder to classify by a simple LR model.  $M_2^2$  is therefore specialized in samples that  $M^1$  has a hard time classifying and thus should not be biased by its prediction outputs. Thus, the first stage gives information in the form of samples that need to go to a second stage; its prediction does not affect the prediction of  $M_2^2$ , but it does affect the prediction of  $M_1^2$ .

In this work,  $X'_{train}(S_n)$  represents the training samples associated with a low degree of confidence in  $M^1$ , which are used to train  $M_2^2$ .  $X_{train}(S_n)$  represents the complete training set, used to train  $M_1^2$ . The set containing the numerical features and the feature obtained through LR is represented by  $S_n|Y^1$ .  $Y_1^2$  and  $Y_2^2$  represent the output of  $M_1^2$  and  $M_2^2$ , respectively.

In order to train, tune and validate the MS model, the data is split into training, test and validation sets. All the data is used to train and validate the models, in a 5-fold cross-validation (CV) manner. Training and test are performed in 4 folds and validation on the remaining one. In the following, a description of the process of creating and evaluating the models is presented.

### A. Training and tuning

At each round of CV, 4 folds are used to train the model and tune the model parameters. A schematic representation of this process is shown in Figure 1.

In the first step, a LR model  $M^1$  is created using samples from the training set in the feature set  $S_b$ . In the second step, in order to achieve a probability of the event of interest for the training set,  $M^1$  is tested using the same samples that were used for training. Then, TS fuzzy models  $M_1^2$  and  $M_2^2$  are derived from the training data in the feature set  $S_n|Y^1$  and  $S_n$ , respectively (third step). In order to tune the threshold and  $S_n$ , the MS model is then tested with data that was not used

for training: first in  $M^1$  (fourth step) and then in  $M^2$  (fifth step). The final output of the MS is given by the arithmetic mean of  $Y_{1,test}^2$  and  $Y_{2,test}^2$ .

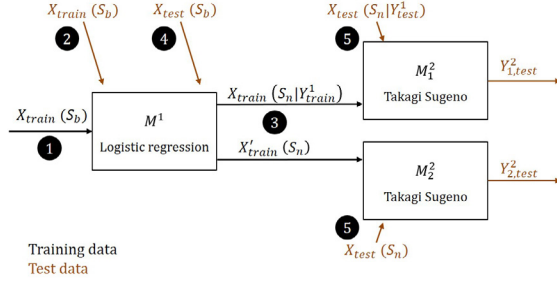


Fig. 1: Schematic representation of the MS model during the training and test phases. Steps 1 and 3 correspond to training phases and steps 2, 4 and 5 to test phases. The final output  $Y_{test}^2$  of the MS model is given by the arithmetic mean of  $Y_{1,test}^2$  and  $Y_{2,test}^2$ .

This process is repeated 10 times, for 10 random partitions of data, at each step of 5-fold CV. This way, it is possible to determine which parameters perform better in average for a certain set of samples. After determining the model parameters, a new MS model is created using all the folds that were used for training and test (80% of data). This model is validated using the other fold (20% of data).

1) *Feature selection*: The sets  $S_b$  and  $S_n$  are determined empirically or through sequential forward selection (SFS). In the first case, the set of features is defined by simply using all numerical information – discrete and/or continuous – available. The SFS algorithm is an iterative process that sequentially adds features to the previous set. The algorithm starts by evaluating each feature individually and selecting the one that provides better discrimination. All remaining features are then combined with this one, and again, the set giving the best discrimination is selected. This process is repeated until there is no improvement in prediction. We chose AUC as the discrimination criterion, since it gives a good measure of the balance between sensitivity and specificity, two important measures when dealing with highly imbalanced datasets.

During SFS, LR and/or TS fuzzy models are trained with all data from  $X_{Train}$  and  $X_{Test}$ . For the SFS-MS scheme, binary data are only input to  $M^1$  and numerical data are only input to  $M^2$ . Whenever the algorithm is evaluating only binary features,  $M^2$  is trained with  $Y^1$ . On the other hand, when the algorithm is evaluating only numerical features, LR models are not created. If the set contains a mix of binary and numerical, then the feature space is divided between both stages. In order to simplify the search for an optimum set of features, the MS is created with only one model at stage 2. Only during the training are we concerned about samples with higher classification uncertainty.

2) *Threshold optimization*: Healthcare datasets are typically composed of a high percentage of samples from “normal”

cases and only a small percentage of samples from “abnormal” cases. Being able to detect the minority class is usually the main and most difficult goal of healthcare binary classification problems. When the output of the model is a continuous value in the interval  $[0, 1]$ , an increase in the sensitivity can be achieved by decreasing the threshold  $\delta$  used to turn the continuous output into a binary classification. However, if the threshold is pushed too far, all samples end up being classified as “abnormal” which also deviates from the purpose of the problem. In this work, we chose a threshold that maximizes sensitivity such that sensitivity and specificity are fairly balanced. Objectively, the sensitivity, specificity and absolute difference between them are evaluated for all  $\delta = \{0, 0.01, \dots, 1\}$  in  $Y_{test}^2$ . We choose the threshold  $\delta$  that maximizes sensitivity, from within a range of thresholds that give an absolute difference between sensitivity and specificity below 0.05.

### B. Validation

The MS model was validated with data that was not used to train nor tune the model. During validation, the output of the MS  $Y_{val}^2$  was converted into a binary classification using the mean value of the thresholds optimized for 10 random partitions of  $Y_{test}^2$ , as described in the previous section.  $S_n$  and  $S_b$  are also determined with  $Y_{test}^2$ .

## IV. DATA DESCRIPTION AND PREPROCESSING

### A. Need of Comanagement in colorectal surgeries

Hospital da Luz is a private teaching 200 bed hospital located in the center of Lisbon. It has a comanagement practice between internal medicine and all the surgical specialities. Although the practice exists, the system is not formally designed and the selection of patients to be comanaged is done empirically and intuitively based on experience.

We collected information from the electronic clinical health records of patients who had an ICD-9 code of colorectal surgery during the period between January 2012 and December 2014. Both the emergent and elective procedures were considered. Data from 398 surgeries were collected, from which 52 were excluded because they were second procedures for the same patient. The dataset used for classification contains the clinical records of 346 patients.

The preoperative variables collected are presented in Table I. Numerical variables include patient age; score of comorbidities (CM), where 0 means that the patient does not have CM, 1 means 1–2 CM, 2 means 3–4 CM and 3 means more than 5 CM; the pre-operative American Society of Anesthesiologists (ASA) physical status classification system [15]; the Surgical Mortality Probability Model (S-MPM) [16] and the procedure risk, which is a binary variable indicating the risk associated with the surgery. Categorical variables include type of surgery; whether the surgery was via laparoscopy; procedures; diagnosis and presence of a specific comorbidity.

The output consists in comanagement signalling. It occurs when the patient is discharged from the recovery unit and is 1 if the internal medicine (IM) is notified to care for the patient.

TABLE I: List of features extracted from the comanagement dataset. LAR: lower anterior resection, COPD: chronic obstructive pulmonary disease, CV: cardiovascular disease, CVD: cerebrovascular disease, MD: metastatic disease, AHT: arterial hypertension, DM: diabetes mellitus.

Numerical variables ( $S_n$ )		Min	Max
Comorbidities	Age	26	97
	Comorbidities	0	3
	ASA	0	5
	S-MPM	1	9
Binary variables ( $S_b$ )		0	1
Type of surgery	elective	urgent	
	no	yes	
Non-laparoscopic	medium	high	
	no	yes	
Procedure	LAR	no	yes
	Hartmann	no	yes
	Left hemicolectomy	no	yes
	Colectomy	no	yes
	Right hemicolectomy	no	yes
	Other	no	yes
Diagnosis	Neoplasm	absent	present
	Diverticulitis	absent	present
	Other	absent	present
Comorbidities	COPD	absent	present
	Active smoker	absent	present
	CV	absent	present
	CVD	absent	present
	Neoplasm	absent	present
	MD	absent	present
	AHT	absent	present
	DM	absent	present
	Kidney disease	absent	present
	Others	absent	present

Among the 346 patients considered in this study, only 63 are labelled as 1. Since the data scale may have an influence on the performance of the clustering algorithms and LR, the datasets are normalized in the interval  $[0,1]$ .

### B. Benchmarks

All datasets were collected from the University of California at Irvine (UCI) Machine Learning Repository [17]. The criteria for selecting the datasets consisted in excluding datasets with text data or time series and to include those containing numerical and categorical variables as well as a binary classification. The datasets considered for benchmarking are described in the following.

The ILPD (Indian Liver Patient Dataset), abbreviated as Liver dataset, contains 583 liver patient records with 10 variables, 9 numerical and 1 binary. Patients are divided in two groups – liver (29%) or not (71%). The Blood Transfusion dataset, contains 748 donor data and 13 variables, 3 numerical and 10 binary. One of the original variables – the months since first donation, was transformed into categorical and then to binary. Patients are divided in two groups – donated (24%) or did not donate (76%) blood in March 2007. The Pima Indians Diabetes dataset, abbreviated as Diabetes dataset, contains 767 patients with 25 variables, 3 numerical and 22 binary. Four of the original variables, namely the number of times pregnant, the plasma glucose concentration, the triceps skin

fold thickness and age were transformed into binary. Patients are divided in two groups – diabetics (35%) or not diabetics (65%). The Statlog (Heart) dataset, abbreviated as Heart dataset, contains 270 patients and 24 variables, 5 numerical and 19 binary. Five of the original variables, namely chest pain type, resting electrocardiographic results, the slope of the peak exercise ST segment, the number of major vessels colored by flourosopy and the thal were transformed into binary. Patients are divided in two groups – with presence (44%) or absence (56%) of heart disease. The Thoracic surgery dataset contains 470 patients records with 21 variables, 3 numerical and 18 binary. Three of the original variables, namely the diagnosis – specific combination of ICD-10 codes for primary and secondary as well multiple tumours if any, the performance status – Zubrod scale and the size of the original tumour were transformed into binary. Patients are divided in two groups – death within one year after surgery (15%) or survival (85%).

The benchmark datasets are also normalized in the interval  $[0,1]$ .

## V. RESULTS

### A. Comanagement

We idealized the MS as a way to train classification fuzzy models with numerical data, where categorical data, if present, is previously transformed into numerical. The hypothesis was that separating binary from numerical features in a MS scheme would increase the performance of a single model, either LR or TS, using both types of features together.

Table II shows the performance of the MS in comparison with the counterpart individual models, for 10 random partitions of 5-fold cross validation. TS fuzzy models are based on the PCM clustering algorithm for  $K = 2$ . The table should be read as: rows where stage 1 and stage 2 features are filled correspond to MS approaches (highlighted in gray); rows where only stage 1 features are filled correspond to single LR models; rows where only stage 2 features are filled correspond to single TS fuzzy models. Note that, besides the stage 1 and stage 2 features presented, and as described in Section III, the real-valued output of  $M^1$  is also part of the input feature space of  $M_2^2$  in all MS approaches. Here, the input data to  $M_2^2$ ,  $X'_{train}$ , represents the set of samples that gives  $|Y^1 - \delta| < 0.2$ .

Three distinct scenarios were investigated. In the first, all the available information was conveyed into the MS model, where  $S_b$  contains the set of binary features used to train the stage 1 model and  $S_n$  contains the set of numerical features used to train the stage 2 models. The comparison is made with individual stage 1 and stage models trained over the whole set of features  $S_b|S_n$ . Since this set contains redundant and possibly irrelevant features, in the second scenario SFS was performed in order to identify a more relevant set. The second block of results in Table II shows the performance of the MS and the individual models when feature selection was performed.

Our simulations shown that the set of numerical features alone provided better results; therefore we sought to use this set alone in the MS, even if not in line with the framework

devised initially. Two distinct approaches were investigated: one in which the numerical features are used to train  $M^1$  and both  $M^1$  and  $M^2$  are trained with  $Y^1$  only; another in which both  $M^1$  and  $M^2$  are trained with the numerical features.

Separating  $S_b$  and  $S_n$  in a MS is better than using all information together in individual models, especially in terms of sensitivity. The best performer is the MS that uses  $S_n$  in the first stage and  $Y^1$  in stage 2. It achieves an AUC of 0.80, similarly to the individual models, but a significantly higher sensitivity. Note that the AUC gives a measure of the performance of a binary classifier as its discrimination threshold is varied. Thus, it is independent of the threshold selected in the test phase, contrarily to the sensitivity, specificity and accuracy measures.

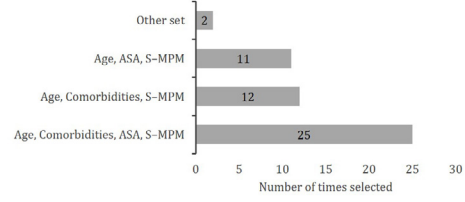
FCM-based TS models provided in general similar results to those in Table II and the same conclusions can be drawn from their performance. We also choose to show the performance for 2 clusters because no improvement was observed when using more clusters, which is expected since this is a rather small dataset, and also a binary classification problem.

TABLE II: Average performance for 10 times 5-fold CV for the comanagement dataset. Rows corresponding to a MS approach are highlighted in gray. The best results for each scenario are highlighted in bold.

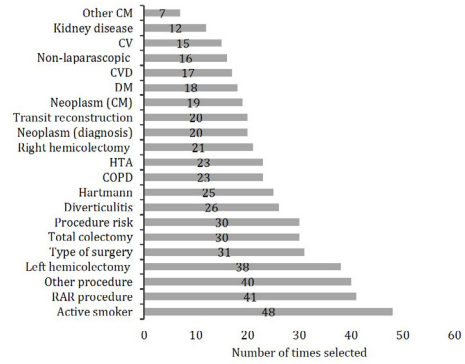
Features $M^1$	Features $M^2$	AUC	Accuracy	Sensitivity	Specificity
$S_b$	$S_n$	<b>0.79±0.06</b>	<b>0.75±0.07</b>	<b>0.73±0.07</b>	<b>0.76±0.07</b>
$S_b S_n$		0.77±0.07	0.73±0.07	0.62±0.14	<b>0.76±0.07</b>
	$S_b S_n$	0.78±0.08	0.74±0.05	0.64±0.14	<b>0.76±0.07</b>
SFS		<b>0.80±0.06</b>	<b>0.76±0.08</b>	<b>0.72±0.08</b>	<b>0.77±0.08</b>
SFS		0.77±0.07	0.74±0.07	0.60±0.14	<b>0.77±0.07</b>
	SFS	0.77±0.08	0.74±0.05	0.64±0.15	0.76±0.07
$S_n$	$S_n$	<b>0.80±0.07</b>	0.75±0.07	<b>0.73±0.08</b>	0.76±0.07
$S_n$	None	<b>0.80±0.07</b>	<b>0.77±0.07</b>	<b>0.73±0.07</b>	0.77±0.08
$S_n$		<b>0.80±0.07</b>	0.76±0.07	0.65±0.15	<b>0.78±0.07</b>
	$S_n$	<b>0.80±0.07</b>	0.75±0.06	0.69±0.15	0.77±0.07

1) *Selected features*: Figure 2 shows the features most frequently selected during 50 rounds of MS SFS. The selection of binary features in the MS is highly inconsistent given that the same set never being selected more than twice. Nevertheless, some features consistently appear in the majority of the sets identified. Other (diagnosis) and metastatic disease are never selected. With a significant smaller amount of features, SFS in stage 2 selects the same sets several times. The most remarkable of which is the set comprised by all numerical features, that was selected half of the times.

In average, the single LR model selects 15 features, the single TS selects 14 features and the MS selects 12 features. With a smaller amount of information, the MS provides better sensitivity. The binary information does not seem to add any value in the prediction of comanagement signalling, which is very counter-intuitive from a clinical standpoint. Physicians that deal with this problem every day would expect that at least the type of surgery, some of the procedures, diagnosis and comorbidities would be paramount to identify the need for comanagement. Our results provide evidence that using



(a) Numerical sets most frequently selected by the MS.



(b) Binary features most frequently selected by the MS.

Fig. 2: Features selected by the MS during 10 times 5-fold CV.

either a LR, a TS or MS, binary variables do not contribute to improve the performance. The best approach in each case is to use only the numerical information available.

## B. Benchmarks

The same scenarios as described in Section V-A are investigated for the benchmark datasets. The confidence boundary used to select  $M^2$  samples was varied in  $\{0, 0.1, \dots, 1\}$  and the best average performance results were obtained for a confidence boundary of 0.1. The PCM clustering algorithm provided the best average performance results in each dataset, individually or combined with  $M^1$  for the MS approach. Table III shows the average performance for the benchmark datasets, for a confidence boundary of 0.1 and for PCM-based  $M^2$  models with  $K = 2$ .

The best performance results for the Liver and Diabetes datasets were obtained with the MS approach using the features selected through SFS. In the Liver dataset, the variables most frequently selected were gender, Alkphos, SGPT and SGOT. In the Diabetes datasets, the variables most frequently selected were plasma glucose concentration lower than 76 or greater than 150, diastolic blood pressure (mm Hg) lower than 41, age lower than 30 or between 60 and 69, body mass index and diabetes pedigree function. The number of variables selected with SFS-MS is significantly lower than the number

of variables selected by the individual models  $M^1$  and  $M^2$ , for the same or better average performance results.

In the Heart and Thoracic Surgery surgery datasets, the MS performs quite worse than the single TS fuzzy model, and in the Blood Transfusion dataset the MS performs only similarly to the individual models.

TABLE III: Average performance for 5-fold CV for the benchmark datasets. Rows corresponding to a MS approach are highlighted in gray and the best results for each dataset are highlighted in bold.

Dataset	Features $M^1$	Features $M^2$	AUC	Accuracy	Sensitivity	Specificity
Liver	$S_b$	$S_n$	0.74±0.04	0.66±0.03	0.65±0.03	0.67±0.04
	$S_b S_n$	$S_b S_n$	0.75±0.05	0.66±0.05	0.65±0.03	0.67±0.03
	$S_b S_n$	$S_b S_n$	0.73±0.05	0.65±0.04	0.63±0.07	0.65±0.06
	SFS	SFS	<b>0.77±0.07</b>	<b>0.69±0.05</b>	<b>0.66±0.06</b>	<b>0.70±0.04</b>
	SFS	SFS	0.74±0.05	0.66±0.05	<b>0.66±0.05</b>	0.66±0.05
	SFS	SFS	0.73±0.06	0.67±0.05	0.64±0.07	0.68±0.05
Blood Transfusion	$S_b$	$S_n$	0.74±0.04	<b>0.70±0.04</b>	0.67±0.03	<b>0.71±0.04</b>
	$S_b S_n$	$S_b S_n$	<b>0.75±0.06</b>	0.69±0.06	0.66±0.13	0.70±0.04
	$S_b S_n$	$S_b S_n$	0.74±0.05	0.68±0.02	0.66±0.10	0.68±0.05
	SFS	SFS	<b>0.75±0.04</b>	<b>0.70±0.04</b>	<b>0.69±0.03</b>	0.70±0.05
	SFS	SFS	<b>0.75±0.07</b>	<b>0.70±0.07</b>	0.68±0.13	<b>0.71±0.04</b>
	SFS	SFS	0.74±0.05	0.68±0.02	0.66±0.09	0.69±0.05
Diabetes	$S_b$	$S_n$	<b>0.81±0.04</b>	0.74±0.04	0.73±0.04	0.74±0.04
	$S_b S_n$	$S_b S_n$	<b>0.81±0.04</b>	<b>0.75±0.04</b>	0.73±0.10	0.75±0.08
	$S_b S_n$	$S_b S_n$	<b>0.81±0.04</b>	0.73±0.05	0.72±0.10	0.73±0.07
	SFS	SFS	<b>0.81±0.04</b>	<b>0.75±0.04</b>	<b>0.74±0.06</b>	<b>0.76±0.04</b>
	SFS	SFS	<b>0.81±0.05</b>	0.74±0.05	0.72±0.09	0.75±0.09
	SFS	SFS	<b>0.81±0.05</b>	0.73±0.08	0.71±0.11	0.74±0.09
Heart	$S_b$	$S_n$	0.83±0.10	0.77±0.09	0.75±0.08	0.78±0.11
	$S_b S_n$	$S_b S_n$	0.87±0.04	0.81±0.04	<b>0.81±0.05</b>	0.82±0.04
	$S_b S_n$	$S_b S_n$	<b>0.89±0.05</b>	<b>0.84±0.03</b>	0.80±0.07	<b>0.87±0.02</b>
	SFS	SFS	0.86±0.04	0.80±0.03	0.78±0.06	0.83±0.03
	SFS	SFS	0.87±0.04	0.81±0.04	0.80±0.05	0.82±0.06
	SFS	SFS	0.87±0.04	0.82±0.03	0.79±0.06	0.85±0.03
Thoracic surgery	$S_b$	$S_n$	0.67±0.06	0.65±0.08	0.61±0.10	0.66±0.09
	$S_b S_n$	$S_b S_n$	0.69±0.03	0.67±0.03	<b>0.67±0.13</b>	0.68±0.09
	$S_b S_n$	$S_b S_n$	<b>0.70±0.03</b>	0.66±0.06	<b>0.67±0.12</b>	0.65±0.09
	SFS	SFS	0.66±0.04	0.64±0.06	0.63±0.09	0.65±0.07
	SFS	SFS	0.68±0.03	0.67±0.03	0.63±0.14	0.68±0.07
	SFS	SFS	<b>0.70±0.02</b>	<b>0.70±0.06</b>	0.64±0.10	<b>0.71±0.09</b>

## VI. CONCLUSIONS

This work proposes a multistage model for the classification of datasets composed of a mix of numerical and categorical data. We show that it is possible to predict comanagement signalling using data gathered before the surgery with high accuracy. Here, the proposed multistage ensemble-based model provides better results than individual models, especially in terms of sensitivity. We hope this work will pave the way for further studies fostering the understanding of the patient that will benefit from comanagement. Assuming prior knowledge about the rules of comanagement signalling is not the interest of this paper. However, due to the small size of the dataset, it is probable that important clinical decisions have not been captured by the learning system. Fuzzy models that encode expert knowledge should be further investigated.

A characteristic of the SFS-MS that is common to all datasets investigated in this work is that it selects less features than SFS performed with individual models. However, in the benchmark datasets, the MS is not always better than the individual models that use all binary and numerical information together. It only performs better in 2 out of 5 and similarly in 1 dataset. Further efforts should be put into understanding

specifically what type of problems benefit from the use of the MS.

Although the motivation behind the proposed MS arises from the need to predict the need of comanagement in patients undergoing colorectal surgery, the proposed scheme is domain free, and can be used in any dataset composed of a mixed of numerical and categorical variables. In further research, stage 2 ensemble models that do not use  $Y^1$  as input should be analysed.

## ACKNOWLEDGMENT

The study was carried out by IDMEC, Instituto Superior Técnico, in collaboration with Hospital da Luz (Lisbon, Portugal). The authors would like to acknowledge “Hospital da Luz” and “Grupo Luz Saúde” for providing the necessary data for the development of this work. This work was supported by FCT, through IDMEC, under project (UID/EMS/50022/2013) and iDecision4Care (IF/00833/2014/CP1238/CT0002). S. M. Vieira acknowledges the support by Program Investigador FCT (IF/00833/2014) from FCT, co-funded by the European Social Fund (ESF) through the Operational Program Human Potential (POPH). The work of Marta Fernandes was supported by the PhD Scholarship PD/BD/114150/2016 from FCT. The work of Cátia Salgado was supported by the PhD Scholarship SFRH/BD/121875/2016 from FCT.

## REFERENCES

- [1] G. Sharma, Y. Kuo, J. Freeman, D. D. Zhang, and J. S. Goodwin. Comanagement of hospitalized surgical patients by medicine physicians in the united states. *Archives of internal medicine*, 170(4):363–368, 2010.
- [2] A. D. Auerbach, R. M. Wachter, P. Katz, J. Showstack, R. B. Baron, and L. Goldman. Implementation of a voluntary hospitalist service at a community teaching hospital: improved clinical efficiency and patient outcomes. *Annals of internal medicine*, 137(11):859–865, 2002.
- [3] T. G. Weiser, S. E. Regenbogen, K. D. Thompson, A. B. Haynes, S. R. Lipsitz, W. R. Berry, and A. A. Gawande. An estimation of the global volume of surgery: a modelling strategy based on available data. *The Lancet*, 372(9633):139–144, 2008.
- [4] L. M. Chen, A. S. Wilk, J. R. Thumma, J. D. Birkmeyer, and M. Banerjee. Use of medical consultants for hospitalized surgical patients: an observational cohort study. *JAMA internal medicine*, 174(9):1470–1477, 2014.
- [5] J. M. Keller, D. Liu, and D. B. Fogel. Fundamentals of computational intelligence, neural networks, fuzzy systems and evolutionary computation. 2016.
- [6] H. Vernieuwe, B. De Baets, and N. E. C. Verhoest. Comparison of clustering algorithms in the identification of takagi–sugeno models: A hydrological case study. *Fuzzy sets and systems*, 157(21):2876–2896, 2006.
- [7] J. C. Bezdek, J. Keller, R. Krishnapuram, and N. Pal. *Fuzzy models and algorithms for pattern recognition and image processing*, volume 4. Springer Science & Business Media, 1999.
- [8] Catia M Salgado, Marta C Ferreira, and Susana M Vieira. Mixed fuzzy clustering for misaligned time series. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2016.
- [9] D. A. Freedman. *Statistical models: theory and practice*. cambridge university press, 2009.
- [10] T. Takagi and M. Sugeno. Fuzzy Identification of Systems and Its Application to Modeling and Control, 1985.
- [11] J. C. Bezdek, R. Ehrlich, and W. Full. FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm. *Computers & Geosciences*, 10(2):191–203, 1984.
- [12] R. Krishnapuram and J. M. Keller. A possibilistic approach to clustering. *IEEE transactions on fuzzy systems*, 1(2):98–110, 1993.
- [13] R. Babuška. *Fuzzy modeling for control*, volume 12. Springer Science & Business Media, 1998.
- [14] Raghuram Krishnapuram and James M Keller. The possibilistic c-means algorithm: insights and recommendations. *IEEE transactions on Fuzzy Systems*, 4(3):385–393, 1996.
- [15] M. Daabiss. American society of anaesthesiologists physical status classification. *Indian journal of anaesthesia*, 55(2):111, 2011.
- [16] L. G. Glance, S. J. Lustik, E. L. Hannan, T. M. Osler, D. B. Mukamel, F. Qian, and A. W. Dick. The surgical mortality probability model: derivation and validation of a simple risk prediction rule for noncardiac surgery. *Annals of surgery*, 255(4):696–702, 2012.
- [17] M. Lichman. UCI machine learning repository, 2013.

## ARTIGO 3

International Journal of Medical Informatics 113 (2018) 56–62



Contents lists available at ScienceDirect

## International Journal of Medical Informatics

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ijmedinf](http://www.elsevier.com/locate/ijmedinf)

## Clinical decision support tool for Co-management signalling

Alexandra Bayão Horta<sup>a,b,\*</sup>, Cátia Salgado<sup>c</sup>, Marta Fernandes<sup>c</sup>, Susana Vieira<sup>c</sup>, João M. Sousa<sup>c</sup>, Ana Luísa Papoila<sup>a</sup>, Miguel Xavier<sup>a</sup><sup>a</sup> NOVA Medical School, Faculdade de Ciências Médicas, Campo Mártires da Pátria, 130, 1169-056 Lisboa, Portugal<sup>b</sup> Hospital da Luz-Lisboa, Av. Lusíada, 100, 1600-650 Lisboa, Portugal<sup>c</sup> IDMEC, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 1049-001 Lisboa, Portugal

## ARTICLE INFO

## Keywords:

Co-management  
High risk patients  
Internal Medicine  
Failure to rescue  
Decision support tool  
Multistage modelling

## ABSTRACT

**Introduction:** Co-management between internists and surgeons of selected patients is becoming one of the pillars of modern clinical management in large hospitals. Defining the patients to be co-managed is essential. The aim of this study is to create a decision tool using real-world patient data collected in the preoperative period, to support the decision on which patients should have the co-management service offered.**Methods:** Data was collected from the electronic clinical health records of patients who had an International Classification of Diseases, 9th edition (ICD–9) code of colorectal surgery during the period between January 2012 and October 2014 in a 200 bed private teaching hospital in Lisbon. ICD–9 codes of colorectal surgery [48.5 and 48.6 (anterior rectal resection and abdominoperineal resection), 45.7 (partial colectomy), 45.8 (Total Colectomy), and 45.9 (Bowel Anastomosis)] were used. Only patients above 18 years old were considered. Patients with more than one procedure were excluded from the study. From these data the authors investigated the construction of predictive models using logistic regression and Takagi-Sugeno fuzzy modelling.**Results:** Data contains information obtained from the clinical records of a cohort of 344 adult patients. Data from 398 emergent and elective surgeries were collected, from which 54 were excluded because they were second procedures for the same patients. Four preoperative variables were identified as being the most predictive of co-management, in multivariable regression analysis. The final model performed well after being internally validated (0.81 AUC, 77% accuracy, 74% sensitivity, 78% specificity, 93% negative predictive value). The results indicate that the decision process can be more objective and potentially automated.**Conclusions:** The authors developed a prediction model based on preoperative characteristics, in order to support the decision for the co-management of surgical patients in the postoperative ward setting. The model is a simple bedside decision tool that uses only four numerical variables.

## 1. Introduction

The quality of care of surgical in-patients is critically dependent on the medical team's capacity to integrate the complexity of multiple problems and pathologies.

More than 230 million major surgical procedures are performed world-wide every year. Although the risk is usually very low for most patients, there is evidence that post-surgical complications are an important cause of mortality [1–3]. Despite obvious differences in procedure-related and patient-related mortality risks, a higher than expected in-hospital mortality for non-cardiac surgery in Europe was found in a multicentric study (4% against the previously reported levels 1.3%–2%) [4]. Seventy percent of readmissions for surgical patients are due to decompensated medical conditions, and 73% of patients who

died after surgery were never admitted to a higher level of care. In addition, patients who suffer complications and survive, endure long-term functional disabilities and have a reduced life-span [5–7].

Failure to rescue is defined as the hospital deaths after adverse events, namely postoperative complications [8]. This concept has been studied and has evolved over the following years. The early recognition and management of the postoperative complications are considered the two most important factors responsible for variations in hospital mortality rates and are taken to be failures to rescue. Concerning patient safety, the general wards are the hardest settings in which to detect patient deterioration in the postoperative stage. The low nurse to patient ratio and the intermittent evaluation of vital signs and global status of the patient makes the general ward much more prone to failure to rescue relative to other high vigilance units [9].

\* Corresponding author. NOVA Medical School/Faculdade de Ciências Médicas - Campo Mártires da Pátria, 130 1169-056 Lisboa, Portugal.

E-mail addresses: [ahorta@hospitaldalu.pt](mailto:ahorta@hospitaldalu.pt) (A.B. Horta), [catia.salgado@tecnico.ulisboa.pt](mailto:catia.salgado@tecnico.ulisboa.pt) (C. Salgado), [marta.fernandes@tecnico.ulisboa.pt](mailto:marta.fernandes@tecnico.ulisboa.pt) (M. Fernandes), [susana.vieira@tecnico.ulisboa.pt](mailto:susana.vieira@tecnico.ulisboa.pt) (S. Vieira), [jmsousa@tecnico.ulisboa.pt](mailto:jmsousa@tecnico.ulisboa.pt) (J.M. Sousa), [ana.papoila@nms.unl.pt](mailto:ana.papoila@nms.unl.pt) (A.L. Papoila), [miguel.xavier@nms.unl.pt](mailto:miguel.xavier@nms.unl.pt) (M. Xavier).<https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2018.02.014>Received 1 October 2017; Received in revised form 15 February 2018; Accepted 19 February 2018  
1386-5056/ © 2018 Elsevier B.V. All rights reserved.



The high mortality rate after surgery may be modified by changes in the organisation of care [10]. Co-management (CM) between internists and surgeons of selected patients is becoming one of the pillars of modern clinical management in large hospitals. In this organisation model, the management of surgical patients at the ward level is shared between surgeons and hospitalists/internal medicine (IM) specialists [11]. The benefits of CM have been demonstrated in many studies largely published since 2010 [11,12] and are still a subject of interest in many recent publications [13].

The particular model for CM and the attaining selection of patients will always be heavily influenced by hospital related specificities, namely by structural factors such as hospital strategy, patient population and types of surgery. Moreover, in practice, transitory conjuncture factors – such as facility and team availability – will also play a role.

Defining the patients to be co-managed in a pre-emptive way is essential to enable the early detection of patient deterioration in the postoperative stage and implement the measures to improve it. At present, CM happens in practice between IM and all the surgical specialities at the hospital where the study took place. However, the system is not formally designed and the selection of patients to be co-managed is done empirically and intuitively based on individual and subjective experience.

Modelling may help identify relevant factors related to clinical outcome and also allow for better informed predictions and clinical decisions by physicians [14]. Our goal is to build a prediction model to support the decision of CM signalling using real-world patient data collected in the preoperative period, allowing to guide surgeons and anaesthetists in the selection of patients for CM in a preventive way.

By signalling patients for CM with the support of the predictive model we can:

1. Reduce the “failure to rescue”
2. Effectively reap the benefits of CM
3. Adequately plan the size of the IM team and organize a well-structured CM service involving internists, surgeons, nurses and hospital's management.

## 2. Material and methods

### 2.1. Study population

Hospital da Luz is a private teaching 200 bed hospital located in the centre of Lisbon.

We collected information from the electronic clinical health records of patients who had an ICD-9 code of colorectal surgery [48.5 and 48.6 (anterior rectal resection and abdominoperineal resection), 45.7 (partial colectomy), 45.8 (total colectomy), and 45.9 (bowel anastomosis)], during the period between January 2012 and October 2014. Only patients above 18 years old were selected. Both emergent and elective procedures were considered. We considered emergent procedures whenever the surgical procedure was the treatment of choice for an acute clinical problem and was done in the subsequent hours after the diagnosis. All the other cases were considered elective procedures. Data from 398 surgeries were collected, from which 54 were excluded because they were second procedures for the same patients. The dataset used for classification contains the clinical records of 344 patients where 62 patients (18%) were co-managed between surgeons and IM specialists.

The preoperative variables collected are presented in Table 1.

In this work, comorbidity illness is defined as a condition requiring treatment or as a condition associated with organ function deterioration and that is different from the index condition. The individual comorbidities (Cm) are labelled 1 when present and 0 when absent. We also calculated a measure of the overall burden of comorbid disease consisting in the total number of Cm for each patient. The variable is named Cm-Burden, and the Cm considered were the ones we

**Table 1**  
preoperative variables.

Numerical variables	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Patient's age at admission (years)</li> <li>2) Burden of comorbidities (Cm) where 0 means that the patient does not have Cm, 1 means 1 Cm, 2 means 2 Cm, 3 means 3 Cm, 4 means 4 Cm and 5 means 5 or more Cm.</li> <li>3) Pre-operative American Society of Anaesthesiologists physical status classification system (ASA-PS)</li> <li>4) Surgical Mortality Probability Model (S-MPM)</li> </ol>
Categorical variables	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Urgency of the surgery (urgent/elective)</li> <li>2) Laparoscopic procedure (yes/no)</li> <li>3) Type of procedure (anterior rectal resection, Hartmann, left hemicolectomy, right hemicolectomy, total colectomy, bowel anastomosis)</li> <li>4) Procedure risk (variable indicating the risk associated with the surgery – only medium risk and high risk surgeries were present in the data)</li> <li>5) Diagnosis for which the procedure was done (neoplasm; diverticulitis or other)</li> <li>6) Presence of a specific comorbidity <ol style="list-style-type: none"> <li>a.) COPD</li> <li>b.) Cardio-Vascular disease</li> <li>c.) Cerebrovascular diseases</li> <li>d.) Neoplasm diagnosis (other than the disease for which the patient was being treated)</li> <li>e.) Metastatic disease (including from the active disease for which the patient was being treated)</li> <li>f.) Arterial hypertension on treatment</li> <li>g.) Diabetes mellitus on treatment</li> <li>h.) Renal failure (with creatinine values above 1,5 mg/dL)</li> <li>i.) Other comorbidities</li> </ol> </li> </ol>

individualized according to clinical experience and the literature, and those from the original works that gave rise to the creation of the Charlson Comorbidity Index (CCI), a well validated comorbidity index [15]. Contrarily to the Charlson index, Cm-Burden does not weight the contribution of each comorbidity and thus should not be viewed as a score, but rather as a simple burden of comorbidities. Due to the small number of patients with five or more Cm, Cm-burden above or equal to five Cm was attributed the value five. The final list of Cm accounted for the Cm-Burden is:

1. In cardiovascular morbidity: rhythm disorders, valvular heart disease, ischemic heart disease, cardiac failure, peripheral vascular disease.
2. In pulmonary morbidity: Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD), asthma.
3. In renal morbidity: renal failure.
4. In endocrine morbidity: diabetes.
5. In neuropsychiatric morbidity: cerebrovascular disease, Parkinson disease, uncontrolled epilepsy, dementia, psychiatric disease including major depression and addictions.
6. In gastrointestinal disease: inflammatory bowel disease, gastrointestinal bleeding, peptic disease, chronic hepatic failure.
7. In malignancy: cancer either solid or haematological, metastatic disease (other than basal cell skin cancer).
8. Others: hypertension, coagulopathy, use of anticoagulants, skin infections or ulcers, connective tissue disease, HIV/AIDS.

The ASA-PS is a preoperative risk screening tool routinely assigned to patients prior to procedures and has become a standard component of anaesthetic practice worldwide. The ASA PS scale ranges from 1 through 5 (increasing order of risk). It was created as a means of characterizing the extent of systemic illness that is present, but its application has evolved as a tool to help inform providers about perioperative procedural risks of morbidity and mortality.

The S-MPM is a validated score available in the literature that uses 3 risk factors,

the ASA-PS score, surgical risk category (high, medium and low risk



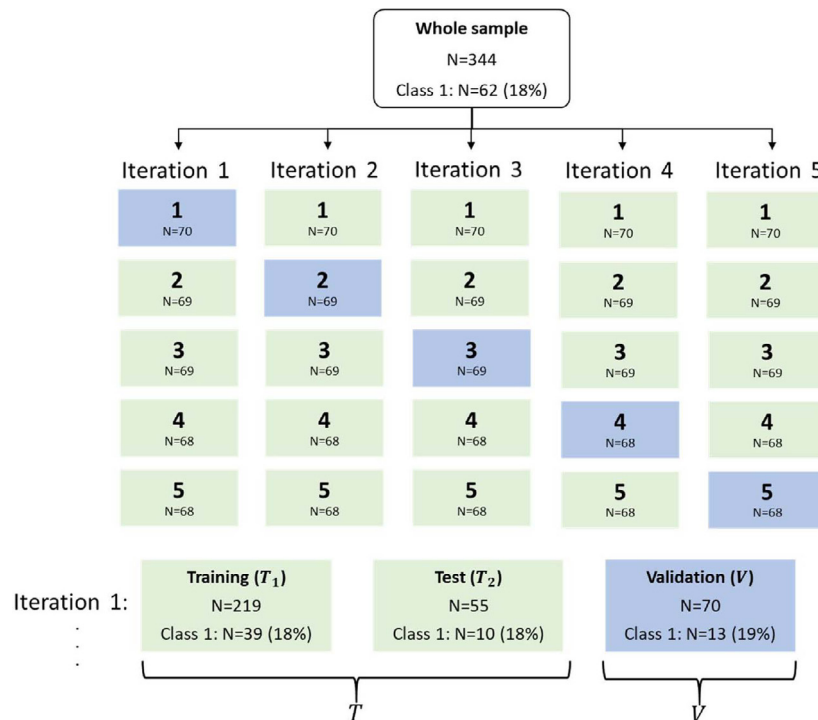


Fig. 1. 5-fold cross validation schematic representation. This process is repeated 10 times, leading to 50 validation results.

procedure), and the emergency status (emergent and elective). It is a simple score that predicts with high accuracy the risk of mortality at 30 days after non-cardiac surgery and is meant to be used at bed side in a preoperative stage to guide the clinical management at an immediate postoperative stage [16].

## 2.2. Endpoint definition

The outcome consists in CM signalling and it is labelled 1 when the patient is discharged from the recovery unit and the IM team is notified to care for the patient.

## 2.3. Data processing

We prepared the dataset through the identification of registry errors, normalisation of the data and transforming categorical variables into dummy variables. There were no missing data.

The whole dataset is divided in training ( $T$ ) and validation ( $V$ ) using 5-fold cross validation, as shown in Fig. 1. At each round of cross-validation the training set  $T$  is randomly divided 10 times, for training ( $T_1$ ) and testing ( $T_2$ ) the models, where  $T_1$  contains 80% of  $T$ . By dividing the training set  $T$  in two partitions –  $T_1$  and  $T_2$  –, the threshold can be tuned, i.e., it is possible to determine which threshold performs better on average, for a given set of samples. When the 10 rounds of training and test are complete, a new model is created over the entire training set  $T$  (80% of data), and its performance evaluated using the validation set ( $V$ ) (20% of data). All  $T$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  and  $V$  maintain the proportion of classes found in the complete data set. In the validation phase, the threshold used for classification corresponds to the average of the 10 threshold values obtained in the training and testing phases. Following this procedure, all the data is used to train and validate the models. This whole process is repeated 10 times. The performance reported is given by the average performance of all validation folds.

In an initial and previous work focusing on this subject and published in the FUZZ-IEEE 2017 Conference [17], we concluded that 1) the numerical variables alone gave us better results than the set that included the binary variables, and 2) the multistage (MS) model had better performance than the single models, especially with regard to sensitivity. Several MS-ensemble models were investigated, and the final model has a MS-ensemble scheme with a LR model in the first stage and an ensemble of two LR models in the second stage, using only four numerical variables (Age, ASA, S-MPM and Cm-burden).

The models were evaluated regarding their predictive performance through a calibration plot and discriminative performance using the area under the receiver-operating characteristic (ROC) curve (AUC), sensitivity, specificity, accuracy (percentage of correct classifications) and negative predictive value (NPV).

As the output of the model is a continuous value and we wanted a binary classification, we chose the threshold ( $\delta$ ) that maximizes sensitivity such that sensitivity and specificity are balanced. This is obtained by selecting the threshold that gives the higher sensitivity, within a range of thresholds that give an absolute difference between sensitivity and specificity below 0.05.

## 3. Modelling

### 3.1. Single models

In order to solve the CM classification problem, we started with the implementation of Logistic Regression (LR) techniques. Because the relationship between variables might not be linear, we also investigated nonlinear models, in particular Takagi-Sugeno (TS) fuzzy models.

The use of LR models is the most common practice, but frequently only very low and very high values may be indicative of a risk, whereas values in the wide normal range may have a low predictive value. Additionally, when the sample size is small, sometimes it is difficult to

extract information with statistical significance.

Fuzzy systems are suitable for modelling clinical problems and have already been proposed by many authors for different medical applications [18,19]. The rules in a fuzzy system are of the type “If antecedent proposition then consequent proposition” and can be learned from the training data through the use of clustering algorithms or other computational intelligence techniques [20], or can be constructed based on expert knowledge. TS fuzzy model is a particular type of a rule-based fuzzy system that relies on the creation of various local linear models over the entire feature space, where the antecedents are fuzzy propositions and the consequents are crisp functions of the antecedent. These more complex techniques have some advantages over the more classic ones as they are transparent models where the rules are known and interpretable, and they do not need a special distribution function of the outcome. There are several works published where these models are explored for healthcare applications with good results and interesting developments. [21–24]

### 3.2. Proposed multistage model

In order to deal with the problem of having patients misclassified or classified with a low level of discrimination, a MS is proposed. In this scheme, a model  $M^1$ , is trained with the sole purpose of dividing patients into those that are classified with a high level of discrimination versus those classified with a low level of discrimination. The low level of discrimination was defined as  $|\hat{Y}_1 - \delta| < 0.2$  (where  $\hat{Y}_1$  is the output of  $M^1$ ). This level was found after several trials using different values, and 0.2 had a better trade-off between correct and incorrect predictions. In other words, we refer to the level of discrimination as a measure of how close to the threshold an observation is. This constitutes the first stage of the multistage and serves as a step prior to the final model construction.

In stage 2, patients whose predicted outputs are too close to the threshold, and which are  $M_2^2$  presumably harder to classify, are used to train a model

This model will hypothetically learn better on how to distinguish the outcome of these patients, because it will not have the influence of many other patients. Another model  $M_2^2$ , is trained using all observations, including those in the last group. Hence, stage 2 is constituted by an ensemble of two models: one that only “sees” patients that  $M^1$  has a hard time classifying –  $M_2^2$ , and another that still “sees” every patient –  $M_1^2$ .

When testing the models,  $M^1$  is not needed; the final ensemble prediction is given by the average of  $M_1^2$  and  $M_2^2$  outputs, which is a common method for combining several classifiers in ensemble modeling [25].

A schematic overview of the training and tuning process of the MS

model is shown in Fig. 2. A LR model  $M^1$  (first step) is estimated using observations from the training set ( $T_1$ ). In order to achieve a probability of the event of interest for the training set,  $M^1$  is tested (second step), using the same observations that were used for training ( $T_1$ ). Then, the second stage models  $M_1^2$  and  $M_2^2$  are derived from the training data ( $T_1$ ) (third step). In order to tune the threshold, the MS model is then tested with data that was not used for training ( $T_2$ ), first in  $M^1$  (fourth step) and then in  $M^2$  (fifth step). The final output of the MS is given by the arithmetic mean of  $\hat{Y}_1^2$  output and  $\hat{Y}_2^2$  output. This process is repeated 10 times, for 10 random partitions of data, at each step of 5-fold CV. The final threshold is given by the average of the 10 threshold values obtained and optimized in the ( $T_2$ ) data. This way, it is possible to determine which threshold performs better on average for a given set of samples. After determining the model threshold, a new MS model is created using all the folds that were used for training and test ( $T$ ). This model is validated using the remaining fold ( $V$ ).

## 4. Results

### 4.1. The data

The characteristics of the patients are expressed in Table 2.

The average age of the patients was 65.5 years (minimum 26 and maximum 97). The preoperative diagnosis was neoplasm in 64.2% of patients.

In respect to the procedure itself, 21.2% were urgent, 53.7% were laparoscopic and the procedure risk was high in 47.3% of the procedures. There were no low risk procedures. The frequency of the specific procedures was: 35.7% anterior rectal resection, 31.7% right hemicolectomy, 9% left hemicolectomy, 10.7% total colectomy and 8.7% Hartmann procedure.

A total of 18% of patients (62 patients) were signaled to be co-managed, but 23.5% (81 patients) ended up by having CM in the ward, mostly because of unexpected complications (either of medical or of surgical nature), requiring for the intervention of the IM team. From the total of the 19 patients who were previously not signaled but who ended up co-managed, the model correctly predicted their need for CM in six cases (32%).

### 4.2. Model performance

In a previous study we showed that the use of the numerical variables alone provided better results than the set that mixed the numerical and categorical ones (all variables on Table 1). Using the MS scheme proposed here with the mixed set, the performance measures obtained are shown in Table 3.

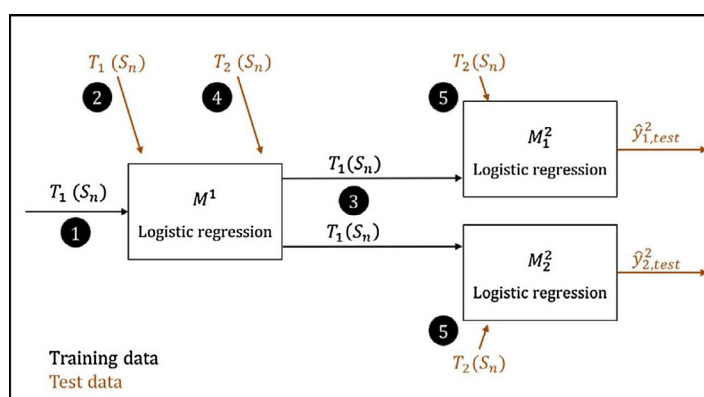


Fig. 2. Schematic representation of the multistage model.

**Table 2**  
Data characteristics.

<b>Number of patients</b>		
Total		344
With co-management		62 (18.0%)
<b>Patients characteristics</b>		
Mean age (min-max)		65.5 (26–97)
Preoperative Diagnosis	Neoplasm	221 (64.2%)
	Diverticulitis	29 (8.4%)
Individual Comorbidities	Other	94 (27.3%)
	COPD	32 (9.3%)
	Cardiovascular disease	60 (17.4%)
	Cerebrovascular disease	19 (5.5%)
	Neoplasm	61 (17.7%)
	Metastatic disease	7 (2.0%)
	Diabetes mellitus	33 (9.6%)
	Arterial hypertension	196 (56.9%)
	Renal failure	32 (9.3%)
	Others	248 (72.0%)
Cm-Burden	0	76 (22.0%)
	1	110 (31.9%)
	2	73 (21.2%)
	3	43 (12.5%)
	4	23 (6.6%)
	≥ 5	19 (5.5%)
<b>Preoperative scores</b>		
ASA-PS	1	28 (8.1%)
	2	245 (71.2%)
	3	63 (18.3%)
	4	6 (1.7%)
	5	2 (0.5%)
S-MPM	1	16 (4.7%)
	2	9 (2.6%)
	3	139 (40.0%)
	4	88 (25.5%)
	5	33 (9.6%)
	6	24 (7.0%)
	7	30 (8.7%)
	8	4 (1.1%)
	9	1 (0.3%)
<b>Procedure Characteristics</b>		
Urgent		73 (21.2%)
Laparoscopic		185 (53.7%)
Procedure high risk		163 (47.3%)
Type of procedure	Anterior rectal resection	123 (35.7%)
	Hartmann	30 (8.7%)
	Left hemicolectomy	31 (9.0%)
	Colectomy	37 (10.7%)
	Right hemicolectomy	109 (31.7%)
	Other (bowel anastomosis)	14 (4.0%)

Next follows the results obtained with the numerical variables alone.

The performances of the single models, both LR and TS models, were very similar, showing a fairly good AUC and specificity (0.80 and 0.78 respectively) but a very modest sensitivity (0.69 for the LR model and 0.70 for the TS model).

Using the multistage design, we obtained a good performance especially with a significant increase of the sensitivity. The p-values we found for the variables used in the LR model showed that a statistical significance exists for the variable “Cm-Burden”. Significant statistical differences are found between the sensitivity obtained by the MS model and the two single models ( $p < 0.05$ ).

The results using different combinations of techniques (LR and TS

models) in the two stages were very similar in the different schemes, all of them with the four mentioned variables. We chose the LR techniques as they are much simpler and familiar to the doctors.

Table 4 Shows the performance measures of the single models (LR and TS) and the MS ones using age, Cm-Burden, ASA-PS and S-MPM.

The results are superior to the ones obtained with the set using all variables.

The MS calibration plot in Fig. 3 shows the average class label, i.e., average observed outcome (black dots) for each interval of predicted probability, for all observations in the 50 validation sets. The intervals of predicted probability are defined as  $[0,0.1[$ ,  $[0.1,2[$ , ...  $[0.9,1]$ . The model is well calibrated for predicted probabilities below 0.6, but not well calibrated for higher values.

The fact that the model is ill-adjusted for values above 0.6 is not concerning, for two particular reasons. First, the deviation from the ideal calibration line is due to the presence of false positives, which are the less concerning type of misclassifications in this work (it is much less worrisome to say that the patient needs CM when in fact he does not, than to say that the patient does not need CM when in fact he does). Second, the deviation from the ideal curve is due to the small number of false positives (less than 5), which also mitigates the importance of this apparently concerning finding.

## 5. Discussion

The drive for this work was to develop a decision tool that would objectively help doctors in the hospital, in their clinical practice, to make a decision on which patients, after their recovery period, should be signaled to the IM team to be CM in a preventive way.

In order to have a relatively homogeneous training population and minimize the type and number of potential confounding factors, we restricted the type of procedures to colorectal procedures performed in one single hospital during a limited time period.

This study was conducted by medical doctors and data scientists working together.

### 5.1. The method and its variation

Our previous study showed that the set of numerical features alone provided better results [17]. This fact created a lack of clinical relevance in the model, because of the exclusion of the categorical variables representing the clinical background, in particular the individual comorbidities. This lack of clinical relevance of the first models made us decide to create a variable representative of the burden of comorbidities. The tool acquired clinical significance making it much more attractive for clinical practice.

The variables chosen were dictated by a clinical rationale. In fact, when physicians plan empirically where in the hospital the patient should recover from surgery, they take into account age, general performance status (given by the ASA-PS score), clinical background (given by the Cm-Burden), surgical risk and the urgency of the procedure (given by the S-MPM).

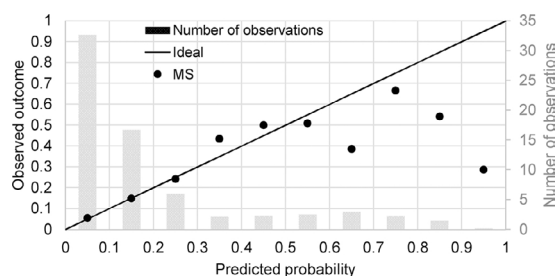
Different types of mathematical modelling tools were tested, together with different modelling strategies. All methods and results were developed and critically analysed in respect to clinical relevance of findings and results and, also, in respect to practical applicability in a hospital setting.

**Table 3**  
Average (+/– standard deviation) discriminative performance for 10 times 5-fold CV, using the complete set of variables.

	AUC	Accuracy	Sensitivity	Specificity	NPV	Threshold
LR Model	0.75 ± 0.08	0.71 ± 0.08	0.61 ± 0.15	0.73 ± 0.07	0.9 ± 0.03	0.17 ± 0.02
TS Model	0.77 ± 0.07	0.73 ± 0.05	0.64 ± 0.14	0.75 ± 0.07	0.91 ± 0.03	0.25 ± 0.02
MS Model	0.75 ± 0.08	0.72 ± 0.09	0.67 ± 0.09	0.73 ± 0.1	0.91 ± 0.03	0.17 ± 0.07

**Table 4**Average ( $\pm$  standard deviation) discriminative performance for 10 times 5-fold CV, using the set of numerical variables.

	AUC	Accuracy	Sensitivity	Specificity	NPV	Threshold
LR Model	0.80 $\pm$ 0.07	0.77 $\pm$ 0.07	0.69 $\pm$ 0.15	0.78 $\pm$ 0.06	0.92 $\pm$ 0.04	0.18 $\pm$ 0.02
TS Model	0.80 $\pm$ 0.06	0.76 $\pm$ 0.06	0.70 $\pm$ 0.15	0.78 $\pm$ 0.07	0.92 $\pm$ 0.03	0.21 $\pm$ 0.02
MS Model	0.81 $\pm$ 0.06	0.77 $\pm$ 0.07	0.74 $\pm$ 0.07	0.78 $\pm$ 0.07	0.93 $\pm$ 0.02	0.18 $\pm$ 0.04

**Fig. 3.** Calibration plot of the MS model in the 50 validation sets. The average number of patients is shown in the secondary yy axis.

In particular, we evaluated LR models, TS models and conjunction of these methods.

Bearing in mind that the tool has to match with medical knowledge and clinical experience, all the attempts created lead to specific clinical analysis of the cases in which the results given by the models did not match what had been done in the hospital. The final selection of the model incorporates the results of these analyses.

Good performance measures were achieved by any of the models. These results gave us an indication that the decision process can be more objective and potentially automated and allowed us to proceed the work and test the system at the hospital.

### 5.2. The clinical relevance of the results

The model is simple to use, uses few variables and is easily applicable in a bedside setting.

It gives confidence and orientation to the doctors so that they can objectify their empirical decision, behaving as a decision support tool.

The adequate organisation of a CM service is an important structuring element in the hospital and allows for better planning of resources.

A measure which is interesting from a clinical point of view is that the NPV of this model is 0.93, which is indicative that if the patient is not signaled by the model, the probability of the model being correct is very high.

### 5.3. Development plans/Future directions

We plan to evolve to externally validate the mathematical models, using another data set of colorectal surgical patients of the same hospital. We also plan to implement the model (once validated) in a different set of patients with different surgical diagnosis and subsequently, if possible, in another institution. With this implementation we expect to have a more objective clinical decision support system without compromising patient safety and even improving it.

An important finding of this study is that perioperative events are critical for determining patient outcome. In particular, if something unexpected happens during surgery, the patient might transit from a no-signalling status to a signalling one (case of patients that were not signaled before surgery but ended up having comanagement in the ward). Another important development of this project will be the implementation of a score to be applied in the operating room (OR) at the

end of surgery. This is of paramount importance in order to adjust the preoperative signalling according to perioperative events. By using a score applicable in the OR, the anaesthetist may choose to change the decision previously made in the pre-anaesthetic clinic and adjust it to additional clinical information acquired during the operation. A decision tool which includes this score should be explored and used in sequence to the preoperative tool.

### 5.4. The limitations of the study

The study has some limitations.

First, there is medical knowledge that cannot be integrated in the model, so there are always some patients whose clinical course becomes more complicated than it is anticipated and that might explain in part the modest sensitivity of the models. In fact, the variables in the OR (surgical or anaesthetic) are not incorporated in the model, neither are the variables in the immediate postoperative recovery period.

Second, regarding comorbidities, the number of patients included in the database is small and this probably explains why we could not select some particular comorbidity that should enter individually in the model. Consequently, the comorbidities were considered as a burden of diseases although not as a weighted score as the use of a more complex score would add too much complexity to a model which is meant to be easy to use at bedside.

## 6. Conclusion

Risk-reduction strategies, such as the intensity of postoperative surveillance are dictated by patient risk and surgical risk. With this model applied in the preoperative setting to predict the need of CM in the postoperative setting, a better planning of the occupancy of the bed stocks and the management of the IM team allocation for CM in the wards are expected.

To achieve good quality standards in medical practice it is rather important to use the method where a clinical decision involves the integration of objective evidence with individual expertise. The collaboration between experts from different fields is essential to solve hard clinical questions. In this work, it was clear from a clinical perspective that the comorbidities should be included in the model, but there was a lack of data preventing their use as individual predictors. The Cm-Burden index resulted from the collaboration of data scientists and physicians while trying to solve the problem. The inclusion of the Cm-Burden index was a key development in order to obtain a successful final model with clinical relevance.

### Authors contributions

All authors have seen and approved the final version of the manuscript being submitted. They warrant that the article is the authors' original work, hasn't received prior publication and isn't under consideration for publication elsewhere.

Alexandra Bayão Horta, Cátia Salgado, Marta Fernandes, Susana Vieira and Ana Luísa Papoila contributed equally in preparing the material for this paper. All of these authors provided write assistance.

João M. Sousa and Miguel Xavier provided write assistance and proof reading of the article.

**Conflict of interest**

There are no actual or potential conflicts of interest.

**Submission declaration**

This work has not been published previously and it isn't under consideration for publication elsewhere, nor it will be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically.

**Funding source**

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial or not-for-profit sectors.

**Summary table****What is already known about Co-management signalling**

- The benefits of CM have been demonstrated in many studies, largely published after 2010.
- High risk surgical patients have high morbidity and high mortality, even in developed countries, and there is need and potential to implement measures to improve post-operative outcomes.
- The high mortality rate after surgery might be modified by changes in the organisation of care.
- It is important to encourage the creation of high-quality registries for this specific area of health services research.

**What this study adds to our knowledge**

- It is possible to predict in the preoperative setting which patients should have the contribution of internal medicine for the control of their postoperative stage, allowing to reduce the failure to rescue and improve patients outcomes.
- The use of the decision support tool helps hospitals to explain and predict how health care resources are delivered and consumed.
- Standards of modern clinical care require the integration of objective evidence with individual expertise. To reach this standard, collaboration between data scientist and medical doctors is fundamental.

**Acknowledgements**

The study was carried out by Nova Medical School/Faculdade de Ciências Médicas in collaboration with IDMEC, Instituto Superior Técnico and Hospital da Luz (Lisbon, Portugal). The authors would like to acknowledge “Hospital da Luz” and “Grupo Luz Saúde” for providing the necessary data for the development of this work. This work was supported by Portuguese Foundation for Science & Technology (FCT), through IDMEC, under project (UID/EMS/50022/2013) and iDecision4Care (IF/00833/2014/CP1238/CT0002). S. M. Vieira acknowledges the support by Program Investigador FCT (IF/00833/2014) from FCT, co-funded by the European Social Fund (ESF) through the Operational Program Human Potential (POPH). The work of Marta Fernandes was supported by the PhD Scholarship PD/BD/114150/2016 from FCT. The work of Cátia Salgado was supported by the PhD Scholarship SFRH/BD/121875/2016 from FCT.

**References**

- [1] R.M. Pearse, D.A. Harrison, P. James, D. Watson, C. Hinds, A. Rhodes, et al., Identification and characterisation of the high-risk surgical population in the United Kingdom, *Crit. Care* 10 (2006) 10–15, <http://dx.doi.org/10.1186/cc4928>.
- [2] T.G. Weiser, S.E. Regenbogen, K.D. Thompson, A.B. Haynes, S.R. Lipsitz, W.R. Berry, et al., An estimation of the global volume of surgery: a modelling strategy based on available data, *Lancet* 372 (2012) 139–144, [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60878-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60878-8).
- [3] S. Jhanji, B. Thomas, A. Ely, D. Watson, C.J. Hinds, R.M. Pearse, Mortality and utilisation of critical care resources amongst high-risk surgical patients in a large NHS trust, *Anaesthesia* 63 (2008) 695–700.
- [4] R. Pearse, R.P. Moreno, P. Bauer, P. Pelosi, P. Metnitz, C. Spies, et al., Mortality after surgery in Europe: a 7 day cohort study, *Lancet* 380 (2012) 1059–1065, [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61148-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61148-9).
- [5] S.F. Khuri, W.G. Henderson, R.G. Depalma, Determinants of long-term survival after major surgery and the adverse effect of postoperative complications, *Ann. Surg.* 242 (2005) 326–343, <http://dx.doi.org/10.1097/01.sla.0000179621.33268.83>.
- [6] P. Noordzij, D. Poldermans, O. Shouten, E. Al, Postoperative mortality in The Netherlands: a population-based analysis of surgery-specific risk in adults, *Anesthesiology* 112 (2010) 1105–1115.
- [7] S.F. Jencks, M.V. Williams, E.A. Coleman, Rehospitalizations among patients in the Medicare fee-for-service program, *N. Engl. J. Med.* 360 (2009) 1418–1428, <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMsa0803563>.
- [8] J.H. Silber, S.V. Williams, H. Krakauer, J.S. Schwartz, Hospital and patient characteristics associated with death after surgery. A study of adverse occurrence and failure to rescue, *Med. Care* 30 (1992) 615–629, <http://dx.doi.org/10.2307/3765780>.
- [9] D.W. Bates, E. Zimlichman, Finding patients before they crash: the next major opportunity to improve patient safety, *BMJ Qual. Saf.* 24 (2014) 1–3, <http://dx.doi.org/10.1136/bmjqs-2014-003499>.
- [10] R.M. Pearse, P.J.E. Holt, M.P.W. Grocott, Managing perioperative risk in patients undergoing elective non-cardiac surgery, *Br. Med. J.* 343 (2011) 1–7, <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.d5759>.
- [11] G. Sharma, Y. Kuo, J. Freeman, D. Dong, J.S. Goodwin, Comanagement of hospitalized surgical patients by medicine physicians in the United States, *Arch. Intern. Med.* 170 (2010) 363–368, <http://dx.doi.org/10.1001/archinternmed.2009.553>.
- [12] Y.-F. Kuo, G. Sharma, J.L. Freeman, J.S. Goodwin, Growth in the care of older patients by hospitalists in the United States, *N. Engl. J. Med.* 360 (2009) 1102–1112, <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMsa0802381>.
- [13] N. Rohatgi, A.P. Loftus, A.O. Grujic, M. Cullen, J. Hopkins, N. Ahuja, Surgical co-management by hospitalists improves patient outcomes, *Ann. Surg.* XX (2016) 1–8, <http://dx.doi.org/10.1097/SLA.0000000000001629>.
- [14] E. Lafont, S. Urien, J.E. Salem, N. Heming, C. Faisy, Modeling for critically ill patients: an introduction for beginners, *J. Crit. Care* 30 (2015) 1287–1294, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrrc.2015.09.002>.
- [15] M. Charlson, P. Pompei, K. Ales, E. Al, A new method of classifying prognostic in longitudinal studies: development and validation, *J. Chronic Dis.* 40 (1987) 373–383.
- [16] L.G. Glance, S.J. Lustik, E.L. Hannan, T.M. Osler, D.B. Mukamel, F. Qian, et al., The surgical mortality probability model: derivation and validation of a simple risk prediction rule for noncardiac surgery, *Ann. Surg.* 255 (2012) 696–702, <http://dx.doi.org/10.1097/SLA.0b013e31824b45af>.
- [17] C.M. Salgado, M.P. Fernandes, A. Horta, M. Xavier, S.M. Vieira, J.M.C. Sousa, Multistage modeling for the classification of numerical and categorical datasets, *Fuzzy Syst (FUZZ-IEEE)*, 2017 IEEE Int Conf IEEE (2017) 1–6, <http://dx.doi.org/10.1109/FUZZ-IEEE.2017.8015665>.
- [18] A.S. Fialho, F. Cismonti, S.M. Vieira, S.R. Reti, J.M.C. Sousa, S.N. Finkelstein, Data mining using clinical physiology at discharge to predict ICU readmissions, *Expert Syst. Appl.* 39 (2012) 13158–131565, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.086>.
- [19] F. Cismonti, L.A. Celi, A.S. Fialho, S.M. Vieira, S.R. Reti, J.M.C. Sousa, et al., Reducing unnecessary lab testing in the ICU with artificial intelligence, *Int. J. Med. Inform.* 82 (2013) 345–358, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2012.11.017>.
- [20] H. Vernieuwe, B. De Baets, N.E.C. Verhoest, Comparison of clustering algorithms in the identification of Takagi-Sugeno models: a hydrological case study, *Fuzzy Sets Syst.* 157 (2006) 2876–2896, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fss.2006.04.007>.
- [21] A.S. Fialho, S.M. Vieira, U. Kaymak, R.J. Almeida, F. Cismonti, S.R. Reti, et al., Mortality prediction of septic shock patients using probabilistic fuzzy systems, *Appl. Soft Comput.* 42 (2016) 194–203, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2016.01.005>.
- [22] M.C. Ferreira, C. Salgado, J.L. Viegas, H. Schafer, C. Azevedo, S.M. Vieira, et al., Fuzzy modeling based on Mixed Fuzzy Clustering for health care applications, *Proc 2015 IEEE Int Conf Fuzzy Syst* (2015).
- [23] Pereira RDMA, C.M. Salgado, A. Dejam, S.R. Reti, S.M. Vieira, J.M.C. Sousa, et al., Fuzzy modeling to predict severely depressed left ventricular ejection fraction following admission to the intensive care unit using clinical physiology, *Sci. World J.* 2015 (2015) 7–10, <http://dx.doi.org/10.1155/2015/212703>.
- [24] C.M. Salgado, S.M. Vieira, L.F. Mendonça, S. Finkelstein, J.M.C. Sousa, Ensemble fuzzy models in personalized medicine: application to vasopressors administration, *Eng. Appl. Artif. Intell.* 49 (2016) 141–148, <http://dx.doi.org/10.1016/j.engappai.2015.10.004>.
- [25] R. Polikar, Ensemble based systems in decision making, *Circuits Syst Mag IEEE* 6 (2006) 21–45, <http://dx.doi.org/10.1109/MCAS.2006.1688199>.

#### 7.3.4. Artigos submetidos para publicação

1. Alexandra Bayão Horta, Carlos Geraldês, Cátia Salgado, Susana Vieira, Miguel Xavier, Ana Luísa Papoila. “A Multivariable prediction model to select colorectal surgical patients for co-management.  
*Submetido para publicação na Acta Médica Portuguesa*
2. Alexandra Bayão Horta, Marisa Ferreira, Ana Luísa Papoila, Miguel Xavier, Susana Vieira. “Using Business Process Modeling and Notation to implement a clinical pathway — case study for co-management of colorectal surgery patients.”  
*Submetido para publicação na revista “BMJ Open Quality”*

## **ARTIGO 1**

### **TITLE:**

A Multivariable prediction model to select colorectal surgical patients for co-management.

### **AUTHORS:**

Alexandra Bayão Horta<sup>a,b</sup>, Carlos Geraldês<sup>a,c</sup>, Cátia Salgado<sup>d</sup>, Susana Vieira<sup>d</sup>, Miguel Xavier<sup>a</sup>, Ana Luísa Papoila<sup>a,c</sup>

### **AFFILIATION:**

<sup>a</sup> NOVA Medical School | Faculdade de Ciências Médicas - Campo Mártires da Pátria, 130

1169-056 Lisboa, Portugal. [abhorta257@gmail.com](mailto:abhorta257@gmail.com); [ana.papoila@nms.unl.pt](mailto:ana.papoila@nms.unl.pt);

[carlos.geraldes@nms.unl.pt](mailto:carlos.geraldes@nms.unl.pt); [miguel.xavier@nms.unl.pt](mailto:miguel.xavier@nms.unl.pt)

<sup>b</sup> Hospital da Luz-Lisboa – Av. Lusíada, 100, 1600-650 Lisboa, Portugal

<sup>c</sup> Centro de Estatística e Aplicações, Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal

<sup>d</sup> IDMEC, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 1049-001 Lisboa, Portugal.

[catia.salgado@tecnico.ulisboa.pt](mailto:catia.salgado@tecnico.ulisboa.pt); [susana.vieira@tecnico.ulisboa.pt](mailto:susana.vieira@tecnico.ulisboa.pt)

### **CORRESPONDING AUTHOR:**

Alexandra Bayão Horta

ORCID ID: [orcid.org/0000-0002-8696-6089](https://orcid.org/0000-0002-8696-6089)

E-MAIL: [abhorta257@gmail.com](mailto:abhorta257@gmail.com)

**DECLARATIONS OF INTEREST:** none

**TITLE:**

Um modelo de predição para seleccionar para co-gestão doentes de cirurgia colo-rectal.

A multivariable prediction model to select colorectal surgical patients for co-management.

**BRIEF TITLE:** prediction model for co-management

**RESUMO:**

Objectivo: Construir uma ferramenta de apoio à decisão para a selecção para co-gestão de doentes submetidos a cirurgia colo-rectal.

Material e métodos: A informação clínica foi colhida dos processos clínicos electrónicos de doentes que tiveram um código ICD-9 de cirurgia colo-rectal no período de Janeiro 2012 a Outubro 2014, num hospital Português em Lisboa. A variável resposta consiste na sinalização para co-gestão, e é considerada presente se a equipa de medicina interna é notificada para assistir clinicamente o doente quando tem alta da unidade de recobro. O conjunto de dados usado para o desenvolvimento do modelo predictivo tem a informação clínica de 344 doentes e, o conjunto de dados usado para fazer a validação externa do modelo tem a informação clínica de 168 doentes.

Resultados: Usando modelação com regressão logística, os autores construíram um modelo predictivo com cinco variáveis (idade, carga de co-morbilidades, status ASA-PS, risco cirúrgico e tempo de recobro) para predizer a selecção de doentes para co-gestão. O modelo tem uma área sob a curva (AUC) de 0.86 (95%IC: 0.81-0.90), uma score predictivo de Brier de 0.11, uma sensibilidade de 0.80, uma especificidade de 0.82 e uma precisão de classificação de 81.3%.

Conclusões: Usando quatro variáveis pré-operatórias e uma pós-operatória desenvolvemos uma ferramenta de apoio à decisão simples, aplicável à cabeceira do doente e que suporta racional clínico e de gestão. Uma vez customizada e validada, poderá permitir apoiar a decisão de quais os doentes que deverão ser seleccionados para co-gestão em outros cenários clínicos nomeadamente em outros procedimentos cirúrgicos e outros hospitais.

**ABSTRACT:**

Objective: To build a clinical decision support tool to select surgical patients to be co-managed.



Material and methods: Clinical data was collected from the electronic health records of patients who had an ICD-9 code of colorectal surgery during the period of January 2012 to October 2014 at a Portuguese Hospital in Lisbon. The outcome variable consists in co-management signalling and it is labelled 1 if the internal medicine team is notified to care for the patient at discharge from the recovery unit. The data set used to develop the prediction model had information from 344 patients, and the data set used to externally validate the model had information from 168 patients.

Results: Using logistic regression modelling, the authors constructed a predictive model with five variables (age, burden of comorbidities, ASA-PS status, surgical risk and recovery time) to predict the selection of patients for co-management. The model has an area under the curve (AUC) of 0.86 (95%CI: 0.81-0.90), a predictive Brier score of 0.11, a sensitivity of 0.80, a specificity of 0.82 and an accuracy of 81.3%.

Conclusions: Using four preoperative and one postoperative characteristics, we developed a simple bedside decision tool to support clinical and management reasoning. After customized and validated it will allow a support for the decision on which patients should be co-managed in other clinical settings namely to other surgical procedures and other hospitals.

#### **KEYWORDS**

Co-management; Selection of patients; High risk patients; Decision support tool; Failure to rescue;

## BACKGROUND AND OBJECTIVES

There are two main models for clinical managing of medical aspects in surgical patients.

In the traditional model the surgeon has the sole responsibility for the patient and whenever necessary requests a consultation to an internal medicine (IM) specialist who makes recommendations.

Nowadays, the trend is towards the co-management (CM) models in which IM specialists manage the complex patient, irrespective of the admitting speciality and the responsibility and accountability of patient care outside the operating room is shared between the surgeon and an IM specialists <sup>1</sup>. In this context, the IM specialists assesses acute issues and medical comorbidities (Cm) on a daily basis, communicates with surgeons, integrates the intervention of other specialities and facilitates patient care transition from the acute care hospital setting. The relationship between the surgeon and the IM specialists becomes highly collaborative, and both are involved in medical decision with the collaboration of other medical specialists whenever needed <sup>1-4</sup>. The benefits of CM have been demonstrated in many studies, largely published since 2010 and still are a subject of interest in many recent publications <sup>2-10</sup>.

Currently, around 310 million patients undergo surgery worldwide each year <sup>11-13</sup> and estimates of attributable mortality vary from 1% to 4% <sup>14-17</sup>. It is now recognised that more than one in five deaths occurs in a small group of high-risk patients <sup>18-20</sup>. Failure to Rescue (FTR) is defined as the hospital deaths after adverse events, namely postoperative complications. Comparison of FTR between hospitals has provided a useful indicator of the quality of postoperative care for surgical patients in high income countries <sup>21-24</sup>. The early recognition and management of the postoperative complications are considered important factors responsible for variations in hospital mortality. Moreover, patients who suffer complications and survive, endure long-term functional disabilities and have a reduced life-span <sup>20</sup>.

Concerning patient safety, the general wards are the settings in which it is more difficult to detect patient deterioration in the postoperative stage <sup>25</sup>. Defining the patients to be co-managed in a pre-emptive way is essential to enable the early detection of patient deterioration in this stage. Although some health care systems may consider “automatic” patient care referrals to hospitalists for all surgical patients <sup>3,7-10</sup>, this approach may be potentially optimized and directed for the group of patients who demands special involvement. Patients should not be elected on the basis of existing capacity, because it induces medicalization and increments costs of hospitalization. The risks inherent in adding complexity into patient care must be balanced against the potential benefits <sup>26</sup>.

CM has been used specially in orthopaedic and neurosurgery patients and there has also been some experience with vascular and general surgery patients <sup>3,5,7,8</sup>.

Applying CM in a rational, evidence-based, and sustainable fashion will ultimately better serve patients, the healthcare community, and hospital medicine <sup>27</sup>. Best practice should identify comorbid surgical patients during the outpatient preoperative process and signalize the patient care to the IM specialist upon surgical admission <sup>2,27,28</sup>. However, identifying patients for CM is fraught with difficulties due to the multiplicity and interaction of concurring factors for surgical outcome.

There are some prediction models using preoperative and intraoperative variables developed to identify which patients are at a bigger risk of death. Most of these models are either complex using many variables and rendering them unpractical for a bedside use, or are old and doesn't consider the most recent surgical techniques (mostly mini-invasive) and programs that enhance recovery from surgery. Finally, as said above, the outcome of these models is death <sup>29,30</sup>.

The present study, performed at a single clinical centre where CM of surgical patients is offered in a non-structured way, used the clinical data of colorectal surgery patients only, in order to obtain a more homogeneous group regarding the surgical procedures and the index operated organ, as well as a less variability between surgeons.

The objective of the present study, was to create a decision support tool, based on preoperative and immediate postoperative information, to help doctors select which colorectal surgical patients should be signalized to be comanaged by the IM team. The study included the construction of a developing model and the validation of the model in a different set of patients from the same hospital.

## **MATERIAL AND METHODS**

This study was performed at Hospital da Luz, a 200 bed urban tertiary care and teaching hospital located in Lisbon.

The information was collected from electronic health records (EHR) of patients who had an ICD–9 code of colorectal surgery [48.5 and 48.6 (anterior rectal resection and abdominoperineal resection), 45.7 (partial colectomy), 45.8 (total colectomy) and 45.9 (bowel anastomosis)]. The data set collected for the developing model respects to patients who had a colorectal surgical intervention in the period between January 2012 and October 2014. For the validation of the model a second dataset of the same hospital, with the same variables of the development set and following the same eligibility criteria, was temporarily and sequentially collected to externally validate the model; this data respects to the period of October 2014 to December 2015.

Only patients above 18 years old were selected. Both elective and emergent procedures (whenever surgery was required and took place within 24 h after admission) were considered. Whenever there was more than one intervention in the same patient in the same admission episode, only the first was considered for analysis.

With regard to the definition of CM, we considered a patient was comanaged whenever an IM specialist was involved on the care of that patient, in the postoperative period.

The outcome variable consists in CM signalling and it is labelled 1 if the IM team is notified to care for the patient at discharge from the recovery unit.

The data was collected by two hospital physicians allowing for criteria standardization, and the variables selected are objective and routinely collected for clinical reasons. It combines clinical and administrative data (insert table 1).

Regarding surgical risk, it was considered as low, intermediate or high according to the classification used to build the surgical- mortality probability model (S-MPM) score <sup>31</sup>. It uses three risk factors: American Society of Anaesthesiology Performance Status (ASA-PS) score, surgical risk category (high, medium and low risk procedure) and emergency status (emergent and elective).

Moreover, for the purpose of this study, the overall burden of comorbid disease (Cm-Burden) consists in the total number of Cm for each patient. The Cm considered were the ones we individualized according to the clinical experience and the literature namely those from the original works that gave rise to the creation of the Charlson Comorbidity Index <sup>32</sup>. The final list of Cm considered for the Cm-Burden is: 1) In cardiovascular morbidity: rhythm disorders, valvular heart disease, ischemic heart disease, cardiac failure, peripheral vascular disease; 2) In pulmonary morbidity: Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD), asthma; 3) In renal morbidity: renal failure with creatinine > 1,5mg/dL ; 4) In endocrine morbidity: diabetes under pharmacological treatment; 5) In neuropsychiatric morbidity: cerebrovascular disease, Parkinson disease, uncontrolled epilepsy, dementia, psychiatric disease including major depression and addictions; 6) In gastrointestinal disease: inflammatory bowel disease, gastrointestinal bleeding, peptic disease, chronic hepatic failure; 7) In malignancy: cancer either solid or haematological, metastatic disease (other than basal cell skin cancer) and in; 8) Others: hypertension under treatment, coagulopathy, use of anticoagulants, skin infections or ulcers, connective tissue disease, HIV/AIDS.

Considering that the sensitivity of the model will attain 80% and that the prevalence of CM signalling is around 18%, for a significance level  $\alpha=0.05$  and an error of 10%, a sample size of 341 patients is needed.

There was no missing data.

### **Statistical analysis**

An exploratory analysis was carried out for all variables. Age was described with median (min-max) and categorical data were presented as frequencies and percentages.

Ordinal variables were dichotomized and new binary variables created using minimum p-value approach method. The variables that were recoded were Cm-Burden (Cm-Burden Bin:  $\leq 2$  and  $\geq 3$ ), ASA-PS (ASA-PS Bin:  $\leq 2$  and  $\geq 3$ ), S-MPM (S-MPM Bin:  $\leq 5$  and  $\geq 6$ ). Recovery time was also discretized ( $\leq 24$ h and  $>24$ h) based on the partial function of a Generalized Additive Model (GAM).

### **Data processing and Modelling**

We proceeded by fitting Logistic Regression (LR) models with the variables that were selected in the univariable analysis ( $p < 0.25$ ). All the models were evaluated regarding their predictive performance through a calibration plot and Brier score (the lower the better with a range between 0 and 1), and discriminative performance using the area under the receiver-operating characteristic (ROC) curve (AUC) <sup>33</sup>. No interactions between variables were identified.

The model was then tested in a different data set for external validation. Data from both sets were compared using chi-square and Mann-Whitney nonparametric tests, and also using the AUC of a multivariable membership model that predicts the probability of an individual to belong to the development set (considering as independent variables the same predictors and the outcome of the origin prediction model) <sup>34</sup>. An AUC lower than 0.70 suggests that the two sets (development and validation) are similar.

Additionally, a customization was performed by fitting the original model (obtained with the development sample) to the ensemble of the two datasets <sup>35</sup>.

With the resulting CM probabilities estimates, a cut-off point maximizing sensitivity and specificity, was obtained. We also estimated the accuracy (percentage of correct classifications), positive predicted value (PPV), and negative predictive value (NPV).

Analyses were performed using Stata 13 (StataCorp. 2013. Stata Statistical Software: Release 13. StataCorp LP, College Station, TX) and R (R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Core Team, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, year = 2018, <http://www.R-project.org>).

## RESULTS

For the development set data from 398 surgeries were collected, from which seven procedures were excluded because they were not primarily colorectal surgery and 47 because they were second procedures for the same patients in different admissions. For the external validation dataset data from 212 surgeries was collected from which 44 procedures were excluded because they were second procedures for the same patients in different admissions (insert figure1).

The dataset used for training the model contains the clinical records of 344 patients where 62 patients (18%) were signaled to be co-managed between surgeons and IM specialists. However, 82 patients (23.8%) ended up by having CM in the ward mostly because of unexpected complications (either of medical or of surgical nature), requiring the intervention of the IM team.

Table 2 (insert table 2) shows the baseline data for all patients of both the development and the validation data-sets and corresponding comparison.

The comparison showed that the variables that were different in the two sets were some of the Cm (COPD, CV, DM, Metastatic disease, Neoplasm) the S-MPM, the procedure risk, and the open body surgery.

The AUC of the membership model comparing both sets was 0.63 (95% CI: 0.58-0.68) confirming that globally the two sets are similar regarding the variables that were considered in the multivariable models.

The mean age of the patients globally was 65.5 years (minimum 26 and maximum 97) in the total cohort and 74.1 years (minimum 50 and maximum 97) in the CM group.

The preoperative diagnosis was neoplasm in 221 patients (64.2%) and 35 (15.8%) of these were referred to be co-managed.

In respect to the procedure itself, 21.2% were urgent, 53.7% were laparoscopic and the procedure risk was high in 47.4%. There were no low risk procedures.

The median duration of hospital stay was 12.0 days (minimum 2 and maximum 161 days).

The median of Cm per patient was 1.65. There were 76 patients with no Cm and 19 patients with more than five Cm.

There were 245 patients admitted to the intensive care unit (ICU) for the recovery period after surgery with a mean length of stay of 1.79 days (minimum 1 and maximum 26 days). Sixty two patients were admitted to the intermediate care unit for the recovery period with a length of stay of 1.51 days (minimum 1 and maximum 10).

Of the 344 patients, 178 had at least one complication. From these, 49 (27.5%) had been signaled to be co-managed before the complication appeared and 68 (38.2%) ended up having CM. There were 40 (11.6%) patients returning to the Operating Room and of these 29 (72.5%) were admitted to the ICU for recovery of the reoperation. A total of eight patients (2.3%) died during the study period.

### **Multivariable Study**

#### Coding of predictors

As referred before, some variables (Cm-Burden, ASA-PS and S-MPM) were dichotomized using minimum p-value approach method, and recovery time was also discretized using GAMs' partial functions plots (insert figure 2). A cut-off point of 24 hours was found, and accordingly, more than 24 hours in the recovery unit is associated with higher odds of CM.

#### Model specification

A univariable analysis was performed in the development dataset to identify which variables could potentially explain the outcome variable - CM signalling. Fourteen variables were identified.

#### Multivariable analysis (development set)

Results of the multivariable analysis are shown in Table 3 (insert table 3).

Although without statistical significance, Cm-Burden and Surgical risk were kept in the final multivariable model due to their clinical relevance in the present context. Age was associated with the outcome, revealing an increase of 4% in the odds of CM signalling for each year increase in age. Patients with more than three Cm had an increase of 68% in the odds of CM signalling. Higher values of the ASA score ( $\geq 3$ ) was also shown to be associated with a 2.4 fold increase in the odds of CM



signalling, and regarding surgical risk, a 66% increase was estimated for patients with high risk procedures. Recovery time, after being discretized, was also shown to be relevant in the context of the present study with patients with a stay in the recovery units longer than 24 hours having an approximately 6-fold increase in the odds of CM signalling. No interactions were identified in this data analysis.

The performance of the multivariable model showed an excellent discriminative ability, reflected by an AUC of 0.85 (95%CI: 0.79-0.90) and a predictive Brier score of 0.10 (the lower the better, with a range between 0 and 1).

#### Multivariable analysis (validation set)

The dataset used to validate the model had similar characteristics to the development dataset (Table 2).

The results from fitting the previous multivariable model to this external validation dataset remained acceptable with an AUC estimate of 0.87 (95%CI: 0.81-0.93) and a Brier score of 0.12.

#### Multivariable analysis (ensemble set)

This multivariable model was built with both the development and validation sets. Results are shown in Table 3. Coefficient estimates obtained by this model were used to estimate the CM signalling probabilities.

Age was associated with the outcome, with an increase of 4% in the odds of CM signalling for each year increase in age. Patients with more than three Cm and with higher values of the ASA score ( $\geq 3$ ) had a 2-fold increase in the odds of CM signalling. Regarding surgical risk, a 56% increase in the odds of CM signalling was estimated for patients with high risk procedures. Recovery time, after being discretized, was also relevant in the context of the present study with patients with a stay in the recovery units longer than 24 hours having an approximately 6-fold odds of CM signalling.

The AUC of the model was 0.86 (95%CI: 0.81 - 0.90) and a 0.18 cut-off point of these probabilities estimates (above which the patient should be signalized to be CM), led to a sensitivity of 0.80 and a

specificity of 0.82, a PPV of 0.49, and a NPV of 0.95. The percentage of correct classifications was 81.3%. A calibration plot is depicted in Fig.3 (insert figure 3)**Erro! A origem da referência não foi encontrada..**

To estimate the probability of CM signalling ( $\hat{\pi}$ ), the following formula was used:

$$\hat{\pi} = \frac{1}{1+e^{-\hat{\eta}}} \quad , \quad \text{where} \quad \hat{\eta} = -5.33 + 0.04 \times Age + 0.78 \times CmBurden + 0.72 \times ASA + 1.91 \times$$

*Recovery* + 0.44 × *SurgicalRisk*, where coefficient estimates were those obtained by the multivariable model fitted to the ensemble of both development and validation sets.

After obtaining  $\hat{\pi}$ , values higher than 0.18 support the decision of CM of the patient in the ward.

## DISCUSSION

The clinical progression of the operated patient is complex and dependent on many factors

As perioperative risk appears to be concentrated within a small subgroup of surgical patients <sup>36,37</sup>, early signalling of these individuals may be valuable. To signalize high-risk patients clinicians should use a risk stratification approach that is accurate, simple and easy to use in order to ensure implementation <sup>38</sup>.

Most of the scores available in the literature are constructed to predict mortality and some few morbidity <sup>39–41</sup>. Placing the focus on the necessity of CM in the ward, in previous works we showed that it is possible in a pre-anaesthetic clinic to predict (with an accuracy of 77%, a sensitivity of 74%, a specificity of 78% and a negative predictive value of 93%) if patients need to be comanaged <sup>42,43</sup>. However, the events in the operating room and in the first 24 hours of the recovery period were not included in this analysis and, as we hypothesize that this information might be important to improve the results, we added another variable to the model. In fact, the ability of the single variable “recovery time” to gather the ensemble of the complex interplay of different events and circumstances led to a simple and clear model with a very good performance using only five variables. The choice of the variables that were included in the model has been determined by a statistical approach, but also taking into account the necessity of a clinical significance of the tool. In fact, if we looked at the statistical rules only, the variables Cm-Burden and Surgical Risk wouldn’t have been included in the

model. However, as they are clinically important, we decided to keep them. Keeping these two variables adds relevant information to the model and, as we can see through the OR estimates, both these variables have OR estimates that confers risk with clinical significance to the outcome (respectively 2.2 and 1.56).

In respect to the performance of the model, the discriminatory ability is good with an AUC of 0.85 in the developing data-set, 0.87 in the external validation data-set, and 0.86 in the ensemble set. The sensitivity and specificity obtained for this last model (considering the cut-off point of 0.18 for the probability estimate of CM signalling) were quite satisfactory (0.80 and 0.82, respectively). The accuracy was 81.3%. In fact, from the analysis of the outliers that resulted from the multivariable model we can see that, from the total of the 20 patients who were previously not signaled but who ended up co-managed, the model correctly predicted their need for CM in seven cases (35%) suggesting that the model outperformed the empirical reasoning in selecting patients for CM.

To our knowledge, this is the first study to use an outcome intended to guide the practical clinical decisions on how to offer the best level of clinical care to the operated patient.

It does, however, have some limitations, namely 1) the origin of the data set in a single centre limits the representativeness and the size of the sample, 2) the single operated organ and, consequently, the limited number of procedures also requires further validation to apply to other clinical settings, 3) surgical procedures of minor surgical risk were not contemplated in the study design, rendering the model inadequate to be used with generalization to this kind of procedures, and 4) the differences between the development and validation sets were not as pronounced as it would be desirable to guarantee the transportability of the results to other settings.

We intend to implement this tool in the hospital practice, and in the future to analyse the results of this implementation with some fine tuning if necessary.

This study adds some knowledge in which regards the implementation of practical measures to reduce the FTR of surgical patients, and simultaneously to have a preventive attitude towards control of Cm in a surgical population becoming older every day.

The methodology used in this work, in spite of the limitations mentioned, is most probably applicable in other clinical settings namely to other surgical procedures and other hospitals. After customized and validated it will allow a support for the decision on which patients should be co-managed.

## CONCLUSION

We built a tool to support the decision on which patients should be comanaged. It allows this decision to be less empiric, less dependent on the experience of the doctors involved and, therefore, via its codification, more readily transmissible and useable by others thus streamlining the integration of objective evidence with individual expertise.

The tool, using information about Cm-burden, surgical risk, age, ASA score and time spent in the recovery unit achieved a good discriminative performance and an acceptable predictive ability.

Applying this model at the end of the 24h postoperative period to predict the need of CM in the ward setting, we expect a better management of the IM team allocation for CM in the wards and a reduction the FTR of surgical patients, allying managing reasoning to hospital practice.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Hospital da Luz and Grupo Luz Saúde for providing the necessary data for the development of this work. A.L. Papoila and C. Geraldês work is partially sponsored by national funds through Fundação Nacional para a Ciência e Tecnologia, Portugal—FCT under the project PEst-OE/MAT/UI0006/2014. The work of Cátia Salgado was supported by the PhD Scholarship SFRH/BD/121875/2016 from Portuguese Foundation for Science & Technology. S. M. Vieira acknowledges the support by Program Investigador FCT (IF/00833/2014) from FCT, co-funded by the European Social Fund (ESF) through the Operational Program Human Potential (POPH).

## STATEMENTS

ETHICS: The present study was approved by the University's (Comissão de Ética da Nova Medical School|Faculdade Ciências Médicas –Universidade Nova de Lisboa) and the Hospital's (Comissão de Ética para a Saúde do Hospital da Luz :isboa) ethical commissions.

CONSENT: Patients were not directly studied, and their informed consent was not deemed necessary because the data collected was retrospective and immediately anonymized.

CONFLICT OF INTEREST: There are no actual or potential conflicts of interest

SUBMISSION DECLARATION: This work has not been published previously and it isn't under consideration for publication elsewhere, nor it will be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically

FUNDING SOURCE: This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial or not-for-profit sectors

AUTHORS CONTRIBUTIONS: All authors have seen and approved the final version of the manuscript being submitted. They warrant that the article is the authors' original work, hasn't received prior publication and isn't under consideration for publication elsewhere. Alexandra Bayão Horta, Carlos Geraldés, and Ana Luísa Papoila contributed equally in preparing the material for this paper. All of these authors provided write assistance. Cátia Salgado, Susana Vieira and Miguel Xavier provided write assistance and proof reading of the article.

CHECKLIST AND FLOW DIAGRAM: This paper used the TRIPOD checklist

## BIBLIOGRAPHY

1. Whinney C, Michota F. Surgical comanagement: A natural evolution of hospitalist practice. *J Hosp Med*. 2008;3(5):394-397. doi:10.1002/jhm.359
2. Horta AB. Co-Management ou Responsabilidade Partilhada entre a Medicina Interna e as Especialidades Cirúrgicas : A Identificação dos doentes de alto risco Co-Management between Internal Medicine and Surgical Specialities : The Identification of the High Risk Patien. *Med Interna (Bucur)*. 2017;24(1):44-47.
3. Tadros RO, Faries PL, Malik R, et al. The effect of a hospitalist comanagement service on vascular surgery inpatients. *J Vasc Surg*. 2015;61(6):1550-1555. doi:10.1016/j.jvs.2015.01.006

4. Thompson RE, Pfeifer K, Grant PJ, et al. Hospital Medicine and Perioperative Care: A Framework for High-Quality, High-Value Collaborative Care. *J Hosp Med*. 2017;12(4):277-282. doi:10.12788/jhm.2717
5. Auerbach AD, Wachter RM, Cheng HQ, et al. Comanagement of surgical patients between neurosurgeons and hospitalists. *Arch Intern Med*. 2010;170(22):2004-2010. doi:10.1001/archinternmed.2010.432
6. Story DA, Shelton A, Jones D, et al. Audit of co-management and critical care outreach for high risk postoperative patients (The POST audit). *Anaesth Intensive Care*. 2013;41(6):793-798.
7. Lizaur-Utrilla A, Calduch Broseta J V., Miralles Muñoz FA, Segarra Soria M, Díaz Castellano M, Andreu Giménez L. Effectiveness of co-management between orthopaedic surgeons and internists for inpatient elders with hip fracture. *Med Clin (Barc)*. 2014;143(9):386-391. doi:10.1016/j.medcli.2013.07.033
8. Sharma G, Kuo Y, Freeman J, Dong D, Goodwin JS. Comanagement of hospitalized surgical patients by medicine physicians in the United States. *Arch Intern Med*. 2010;170(4):363-368. doi:10.1001/archinternmed.2009.553.Comanagement
9. Rohatgi N, Loftus ÅP, Grujic ÅO, Cullen M, Hopkins J, Ahuja N. Surgical Comanagement by Hospitalists Improves Patient Outcomes. *Ann Surg*. 2016;XX(X):1-8. doi:10.1097/SLA.0000000000001629
10. Rohatgi N, Wei PH, Grujic O, Ahuja N. Surgical Comanagement by Hospitalists in Colorectal Surgery. *J Am Coll Surg*. 2018. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2018.06.011
11. Kahan BC, Koulenti D, Arvaniti K, et al. Critical care admission following elective surgery was not associated with survival benefit: prospective analysis of data from 27 countries. *Intensive Care Med*. 2017;43(7):971-979. doi:10.1007/s00134-016-4633-8

12. Weiser TG, Haynes AB, Molina G, et al. Estimate of the global volume of surgery in 2012: an assessment supporting improved health outcomes. *Lancet*. 2015;385:S11.  
doi:10.1016/S0140-6736(15)60806-6
13. Weiser TG, Regenbogen SE, Thompson KD, et al. An estimation of the global volume of surgery : a modelling strategy based on available data. *Lancet*. 2012;372:139-144.  
doi:10.1016/S0140-6736(08)60878-8
14. Pearse RM, Critical A, Unit C, Hospital RL, Kingdom U, Studies C. Global patient outcomes after elective surgery: prospective cohort study in 27 low-, middle- and high-income countries. *Br J Anaesth*. 2016;117(5):601-609. doi:10.1093/bja/aew316
15. Pearse R, Moreno RP, Bauer P, et al. Mortality after surgery in Europe: A 7 day cohort study. *Lancet*. 2012;380(9847):1059-1065. doi:10.1016/S0140-6736(12)61148-9
16. Jhanji S, Thomas B, Ely A, Watson D, Hinds CJ, Pearse RM. Mortality and utilisation of critical care resources amongst high-risk surgical patients in a large NHS trust \*. *Anaesthesia*. 2008;63:695-700. doi:10.1111/j.1365-2044.2008.05560.x
17. Glance LG, Lustik SJ, Hannan EL, et al. The Surgical Mortality Probability Model. Derivation and Validation of a simple Risk Prediction Rule for Noncardiac Surgery. *Ann Surg*. 2012;255:696-702. doi:10.1097/SLA.0b013e31824b45af
18. Abbott TEF, Fowler AJ, Pelosi P, et al. A systematic review and consensus definitions for standardised end-points in perioperative medicine: pulmonary complications. *Br J Anaesth*. 2018;120(5):1066-1079. doi:10.1016/j.bja.2018.02.007
19. Story DA, Leslie K, Myles PS, et al. Complications and mortality in older surgical patients in Australia and New Zealand (the REASON study): A multicentre, prospective, observational study. *Anaesthesia*. 2010;65(10):1022-1030. doi:10.1111/j.1365-2044.2010.06478.x
20. Khuri SF, Henderson WG, Depalma RG. Determinants of Long-Term Survival After Major

- Surgery and the Adverse Effect of Postoperative Complications. *Ann Surg*. 2005;242:326-343.  
doi:10.1097/01.sla.0000179621.33268.83
21. Silber JH, Rosenbaum PR, Schwartz JS, Ross RN, Williams S V. Evaluation of the Complication Rate as a Measure of Quality of Care in Coronary Artery Bypass Graft Surgery. 1992.
  22. Sinha S, Ata Ozdemir B, Khalid U, et al. Failure-To-Rescue and interprovider comparisons after elective abdominal aortic aneurysm repair. *Br J Surg*. 2014;101(12):1541-1550.  
doi:10.1002/bjs.9633
  23. Silber JH, Rosenbaum PR, Williams S V., Ross RN, Sanford Schwartz J. The relationship between choice of outcome measure and hospital rank in general surgical procedures: Implications for quality assessment. *Int J Qual Heal Care*. 1997;9(3):193-200.  
doi:10.1093/intqhc/9.3.193
  24. Pearse RM, Holt PJE, Grocott MPW. Managing perioperative risk in patients undergoing elective non-cardiac surgery. *Bmj*. 2011;343(oct05 2):d5759-d5759. doi:10.1136/bmj.d5759
  25. Silber JH, Rosenbaum PR, Mchugh MD, et al. Comparing the Value of Better Nursing Work Environments Across Different Levels of Patient Risk. *JAMA Surg*. 2016;151(6):527-536.  
doi:10.1001/jamasurg.2015.4908.Comparing
  26. Cohen CJ, Flaks-Manov N, Low M, Balicer RD, Shadmi E. High-Risk Case Identification for Use in Comprehensive Complex Care Management. *Popul Health Manag*. 2015;18(1):15-22.  
doi:10.1089/pop.2014.0011
  27. Siegal EM. Just because you can, doesn't mean that you should: A call for the rational application of hospitalist comanagement. *J Hosp Med*. 2008;3(5):398-402.  
doi:10.1002/jhm.361
  28. Gillies MA, Pearse RM. Intensive care after high-risk surgery what's in a name? *Anesthesiology*. 2016;124(4):761-762. doi:10.1097/ALN.0000000000001025



29. Sutton R, Bann S, Brooks M, Sarin S. The Surgical Risk Scale as an improved tool for risk-adjusted analysis in comparative surgical audit. *Br J Surg*. 2002;89(6):763-768.  
doi:10.1046/j.1365-2168.2002.02080.x
30. Bagnall NM, Pring ET, Malietzis G, et al. Perioperative risk prediction in the era of enhanced recovery: a comparison of POSSUM, ACPGBI, and E-PASS scoring systems in major surgical procedures of the colorectal surgeon. *Int J Colorectal Dis*. 2018;33(11):1627-1634.  
doi:10.1007/s00384-018-3141-4
31. Glance LG, Lustik SJ, Hannan EL, et al. The Surgical Mortality Probability Model. *Ann Surg*. 2012;255(4):696-702. doi:10.1097/SLA.0b013e31824b45af
32. Charlson M, Pompei P, Ales K, Al E. A New Method of Classifying Prognostic in Longitudinal Studies: Development and Validation. *J Chronic Dis*. 1987;40(5):373-383.
33. Steyerberg E. *Clinical Prediction Models: A Practical Approach to Development, Validation, and Updating*. New York: Springer; 2009.
34. Debray TPA, Vergouwe Y, Koffijberg H, Nieboer D, Steyerberg EW, Moons KGM. A new framework to enhance the interpretation of external validation studies of clinical prediction models. *J Clin Epidemiol*. 2015;68(3):279-289. doi:10.1016/j.jclinepi.2014.06.018
35. Mazumdar M, Glassman JR. Prognostic Variables: Categorizing a Prognostic Variable: Review of Methods, Code for Easy Implementation and Applications to Decision-Making about Cancer Treatments. *Stat Med* 19, 113}132. 2000;19:113-132. doi:10.1002/0470023678.ch2a
36. Pearse RM, Harrison DA, James P, et al. Identification and characterisation of the high-risk surgical population in the United Kingdom. *Crit Care*. 2006;10(3):10-15. doi:10.1186/cc4928
37. Findlay GP, Goodwin APL, Protopapa KL, Smith NCE, Mason M. Knowing the Risk. *Natl Confid Enq into Patient Outcome Death*. 2011:1-98. doi:10.1038/sj.ph.1900728
38. Sankar A, Beattie WS, Wijeyesundera DN. How can we identify the high-risk patient? *Curr Opin*

- Crit Care*. 2015;21(4):328-335. doi:10.1097/MCC.0000000000000216
39. Leung E, McArdle K, Wong LS. Risk-adjusted scoring systems in colorectal surgery. *Int J Surg*. 2011;9(2):130-135. doi:10.1016/j.ijssu.2010.10.016
  40. Oliver CM, Walker E, Giannaris S, Grocott MPW, Moonesinghe SR. Risk assessment tools validated for patients undergoing emergency laparotomy: A systematic review. *Br J Anaesth*. 2015. doi:10.1093/bja/aev350
  41. Protopapa KL, Simpson JC, Smith NCE, Moonesinghe SR. Development and validation of the Surgical Outcome Risk Tool (SORT). *Br J Surg*. 2014;101(13):1774-1783. doi:10.1002/bjs.9638
  42. Salgado CM, Fernandes MP, Horta A, Xavier M, Sousa JMC, Vieira SM. Multistage modeling for the classification of numerical and categorical datasets. *IEEE Int Conf Fuzzy Syst*. 2017. doi:10.1109/FUZZ-IEEE.2017.8015665
  43. Horta AB, Salgado C, Fernandes M, et al. Clinical decision support tool for Co-management signalling. *Int J Med Inform*. 2018;113:56-62. doi:10.1016/j.ijmedinf.2018.02.014

**TABLES**

Table 1 – Collected variables.

Variables collected	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Patient's age at admission (years)</li> <li>2) Urgency of the surgery (urgent/elective)</li> <li>3) Open Body surgery (yes/no)</li> <li>4) Type of procedure (anterior rectal resection, Hartmann, left hemicolectomy, right hemicolectomy, total colectomy, bowel anastomosis)</li> <li>5) Procedure risk</li> <li>6) Diagnosis for which the procedure was done (neoplasm; diverticulitis or other)</li> <li>7) Presence of a specific preoperative comorbidity <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)</li> <li>b. Cardio-Vascular disease (CVD) (heart failure, ischemic cardiac disease, valvular cardiac disease, arrhythmic disease)</li> <li>c. Cerebrovascular diseases (CVD) (ischemic transient accident or stroke)</li> <li>d. Neoplasm diagnosis (other than the disease for which the patient was being treated)</li> <li>e. Metastatic disease (including from the active disease for which the patient was being treated)</li> <li>f. Arterial hypertension on treatment</li> <li>g. Diabetes mellitus (DM) on pharmacologic treatment</li> <li>h. Renal failure (with creatinine values above 1,5mg/dL)</li> <li>i. Other comorbidities (includes peripheral vascular disease, hipocoagulation, epilepsy, Parkinson disease, major psychiatric disease including psychotropic addition, inflammatory bowel disease, gastrointestinal hemorrhagic disease, gastrointestinal ulcerous disease, soft tissue ulcers or infection)</li> </ol> </li> <li>8) Burden of comorbidities (Cm-Burden) where 0 means that the patient does not have Cm*, 1 means 1 Cm, 2 means 2 Cm, 3 means 3Cm, 4 means 4 Cm and 5 means 5 or more Cm.</li> <li>9) American Society of Anaesthesiologists Physical Status classification system (ASA-PS)</li> <li>10) Surgical Mortality Probability Model (S-MPM)</li> <li>11) Recovery time (in hours)</li> </ol>
---------------------	--

\*Cm=Comorbidity

Table 2 - Baseline characteristics of patients of the development and validation datasets with corresponding comparisons.

		1 <sup>st</sup> set Total n=344	2 <sup>nd</sup> set Total n=168	p	1 <sup>st</sup> set Signalized n=62 (18%)	2 <sup>nd</sup> set Signalized n=33 (19.6%)
Patient characteristics n (%)						
Mean age (min-max)		65.5 (26-97)	66.5 (26-94)	0.336	74.1 (50-97)	73.2 (49-89)
Preoperative Diagnosis	Neoplasm	221 (64.2)	116 (69)	0.282	35 (56,4)	26 (78.8)
	Other	123 (35.8)	50 (29.8)		26 (41.9)	7 (21.2)
Individual Comorbidities	COPD*	32 (9.3)	6 (3.6)	0.020	7 (11.2)	2 (6.0)
	CV**	60 (17.4)	18 (10.7)	0.047	20 (32.2)	9 (27.2)
	CVD***	19 (5.5)	6 (3.6)	0.336	6 (9.6)	1 (3.0)
	Neoplasm	61 (17.7)	17 (10.1)	0.024	20 (32.2)	6 (18.1)
	Metastatic disease	7 (2.0)	10 (6.0)	0.020	0 (0.0)	6 (18.1)
	DM****	33 (9.6)	30 (17.9)	0.008	11 (17.7)	5 (15.2)
	Arterial hypertension	196 (57.0)	89 (53.0)	0.392	45 (72.5)	23 (69.6)
	Renal	32 (9.3)	23 (13.7)	0.132	12 (19.3)	5 (15.2)
	Others	248 (72.1)	134 (79.8)	0.061	51 (82.2)	29 (87.8)
Cm-Burden <sup>†</sup>	0	76 (22.1)	44 (26.2)	0.325	4 (6.4)	4 (12.1)
	1	110 (32.0)	48 (28.6)		10 (16.1)	4 (12.1)
	2	73 (21.2)	38 (22.6)		17 (27.4)	8 (24.2)
	3	43 (12.5)	17 (10.1)		9 (14.5)	6 (18.1)
	4	23 (6.7)	12 (7.1)		9 (14.5)	6 (18.1)
	≥5	19 (5.5)	9 (5.4)		12 (19.3)	5 (15.2)
	Cm-Burden Bin	≤2	259(75.3)		130 (77.4)	0.603
≥3		85(24.7)	38 (22.6)	31 (36.5)	16 (48.5)	
Preoperative scores						
ASA-PS <sup>††</sup>	1	28 (8.1)	12 (7.1)	0.744	0 (0.0)	0 (0.0)
	2	245 (71.2)	119 (70.8)		29 (46.7)	18 (54.5)
	3	63 (18.3)	32 (19.0)		28 (45.1)	11 (33.3)
	4	6 (1.7)	5 (3.0)		4 (6.4)	4 (12.1)
	5	2 (0.6)	0 (0.0)		0 (0.0)	0 (0.0)
ASA-PS Bin	≤2	273 (79.4)	131 (78)	0.718	29 (10.6)	18 (54.5)
	≥3	71 (20.6)	37 (22.0)		33 (46.5)	14 (42.4)
S-MPM <sup>†††</sup>	1	16 (4.7)	6 (3.6)	0.003	0 (0.0)	0 (0.0)
	2	9 (2.6)	7 (4.2)		0 (0.0)	0 (0.0)
	3	139 (40.4)	92 (54.8)		10 (16.1)	10 (30.3)
	4	88 (25.6)	20 (11.9)		16 (25.8)	8 (24.2)
	5	33 (9.6)	24 (14.3)		7 (11.2)	6 (18.1)
	6	24 (7.0)	5 (3.0)		13 (20.9)	4 (12.1)
	7	30 (8.7)	11 (6.5)		13 (20.9)	3 (9.1)
	8	4 (1.2)	3 (1.8)		2 (3.2)	2 (6.0)
	9	1 (0.3)	0 (0.0)		0 (0.0)	0 (0.0)
S-MPM Bin	≤5	285 (82.8)	149 (88.7)	0.084	33 (11.6)	24 (72.7)
	≥6	59 (17.2)	19 (11.3)		29 (49.2)	8 (24.2)
Procedure Characteristics n (%)						
Urgent		73 (21.2)	31 (18.5)	0.465	20 (32.2)	8 (24.2)
Open body surgery (159 - 46.2%)		159 (46.2)	47 (28)	<0.001	44 (71.0)	18 (54.5)
Surgical risk (High)		163 (47.4)	47 (28.0)	<0.001	45 (72.5)	18 (54.5)
Type of procedure	Anterior rectal resection	123 (35.8)	48 (28.6)	0.365	9 (14.5)	6 (18.1)
	Hartmann's	30 (8.7)	10 (6.0)		10 (16.1)	4 (12.1)
	Left colectomy	31 (9.0)	20 (11.9)		6 (9.6)	4 (12.1)
	Total Colectomyv	37 (10.8)	18 (10.7)		15 (24.1)	5 (15)

	Right colectomy	109 (31.7)	65 (38.7)		21 (33.8)	11 (33.3)
	Other(bowel anastomosis)	14 (4.1)	7 (4.2)		1 (1.6)	3 (9.1)
Recovery time	<24h	271 (78.8)	135 (80.4)	0.679	24 (8.9)	13 (39.4)
	>24h	73 (21.2)	33 (19.6)		38 (52.1)	19 (57.6)

1<sup>st</sup>set – development dataset; 2<sup>nd</sup>set - validation dataset;

\* COPD= Chronic Obstructive Pulmonary Disease;

\*\* CV= Cardio-Vascular disease;

\*\*\*CVD= Cerebro-Vascular Disease;

\*\*\*\* DM= Diabetes Mellitus;

Bin=Binary; Cm= Comorbidity

†Cm-Burden= Burden of comorbidities;

††ASA-PS= American Society of Anaesthesiologists Physical Status classification system;

†††S-MPM= Surgical Mortality Probability Model.

Table 3 – Results of the multivariable analysis for the development, validation and ensemble datasets.

Predictors	Development set		Validation set		Ensemble set	
	OR estimates (95%CI)	p	OR estimates (95%CI)	p	OR estimates (95%CI)	p
Age	1.04 (1.01-1.08)	0.016	1.03 (0.98-1.08)	0.335	1.04 (1.01-1.07)	0.010
Cm-Burden*≥3	1.68 (0.79-3.53)	0.170	3.97 (1.37-12.12)	0.012	2.17 (1.188-3.956)	0.011
ASA-PS**≥3	2.37(1.11-4.99)	0.024	1.59 (0.53-4.64)	0.396	2.06 (1.115-3.762)	0.020
High Surgical risk	1.66 (0.81-3.40)	0.164	1.59 (0.55-4.37)	0.378	1.56 (0.881-2.742)	0.124
Recovery time≥24h	5.58 (2.80-11.24)	<0.001	10.40 (3.82-30.49)	<0.001	6.76 (3.859-11.956)	<0.001
<b>Model Performance</b>						
AUC	0.85 (0.79-0.90)		0.88 (0.82-0.93)		0.86 (0.81-0.90)	
Brier score	0.10		0.11		0.11	
Accuracy	80.0%		78.6%		81.3%	

\*Cm-Burden= Burden of comorbidities; \*\*ASA-PS= American Society of Anaesthesiologists Physical Status classification system

## LEGENDS OF FIGURES

Figure 1: Patients flowchart of the development and validation dataset

Figure 2: GAM function plot showing the cut-off point of 24h.

Graphic of the GAM's model showing the functional form of the association between the time of recovery and the co-management probability. The full curve represents the estimation of this functional form and the dashed curves the limits of the 95% confidential intervals estimated for each 24h in the recovery. Negative values mean a lower probability of co-management. At 24h we can see a change in the signal direction meaning that the probability of co-management is greater when the time of recovery is more than 24h.

Figure 3: Calibration plot of the model considering the ensemble set.

**ARTIGO 2****TITLE**

Using Business Process Modeling and Notation to implement a clinical pathway – case study for co-management of colorectal surgery patients.

**ABSTRACT**

Using a language common to all different sides of staff elements involved in the care of the patient, can be very good for improving the quality and safety in healthcare services.

Depicting the clinical pathway with a graphical language allows to clearly describe the roles of the participants, the flow of the patients and to identify, and adopt, the tools for promoting multidisciplinary participation and process evaluation.

This paper is a case study of the use of Business Process Model and Notation with the aim of optimizing patient flow for co-management by internists and surgeons of colorectal surgery procedures at a Portuguese academic hospital.

This methodology allowed to highlight the gaps in the clinical pathway and consequently to find the solutions needed to fill them. Effectively, two clinical decision support tools which include clinical criteria for the selection of the patients were integrated on the clinical pathway leading to the final to-be clinical pathway model.

The resultant analysis, discussion and change of the decision processes involved in the clinical pathway of colorectal surgical patients for co-management, provided the means for patient-centred management as a best practice in the health care of complex situations.

The use of Business Process Model and Notation applied to a clinical pathway has rarely been done in clinical practice. The present study enabled the identification of flaws in the clinical pathway and the development of the solutions to overcome them.

WORD COUNT=234

**KEY WORDS:** Co-management, patient centred management, clinical pathway, clinical decision support tool

## INTRODUCTION

Co-management (CM) between surgeons and internists is a well-studied model for organization of care delivery that has its benefits demonstrated in various studies since 2010 [1,2].

Most health care systems involving organization models of CM of surgical patients are based on the assumption that all the patients in the elected surgical unit are to be co-managed [2]. CM may have some disadvantages and patients should not be elected based on existing capacity, because it induces medicalisation and increments of hospitalization costs. Best practice should identify comorbid surgical patients during the outpatient preoperative process and hardwire patient care to the internist upon surgical admission [3]. This would allow the health care system to have a patient-centred management with all its benefits including safety care.

The authors performed a study in a Portuguese Hospital where CM of surgical patients is offered in a non-structured way. In this collaboration process, numerous interactions take place between the different involved healthcare workers, typically with informality and is based on tacit non-codified knowledge. The nonexistence of an explicit process and of objective criteria to define the patient clinical assistance needs, makes it difficult to analyse and improve the care pathway. We wanted to optimize the selection of patients for CM. To achieve this, the first step was to make explicit the existing selection process within the clinical pathway (CPW), supported by BPMN language, and the second step was to develop a clinical decision support tool (CDST) with the objective selection criteria.

BPMN language is a graphical flowchart language that represents a business process in an intuitive visual form [4], and is a prominent way to gain a deep understanding of the functioning of organizations [5]. The conceptual model describes the various intervenors, their activities and relationships, and increasing levels of details, from macro to micro process representations, are designed.

The graphical image is clearly structured, intuitive and appealing, and contributes towards lowering the frequency of human errors and consequently to patient safety [6].

BPMN has seldom been used in clinical settings and for supporting the use of clinical decision tools. It is mainly used in the industry and enterprise sectors and some experiences have been made in the healthcare organizations [7,8]. However, these approaches generally address one aspect of a facility, focus on many organizational and project management subjects, and lack specific actions on how to achieve improvement.

## **METHODS**

We adopted the Bizagi® tool for modelling the process that uses BPMN 2.0.

The graphics comprise some precisely defined symbols for tasks, sub-processes, decisions, events and other different types of expression. Different and concurrent processes (so-called pools) may be connected, and also different departments (so-called lanes). Each lane has its own responsible participant. Complex process steps may be sub-divided into subunits (so-called sub-processes) and may be imaged on the same computer surface.

We started by interviewing the different participants involved in the CPW. A first draft of the graphical flow chart was made and was validated by the participants. After the approval of this graphic, the as-is model, we introduced the CDST. The CDST includes two mathematical models that were built through the statistical analysis of the historical data set collected in



the hospital and has been published [9]. The as-is model with the two CDSTs inserted became the to-be model and was validated by all the participants.

## **RESULTS**

The graphic chart of the macro process of the flow of the CR patient in the hospital and the ensemble of the four pools/processes that compose it are represented in Figura 1. The graphic model presented is the to-be model.

Each pool has its own participant responsible for the activities within it. The responsibility and accountability of the activities within the pools are the main determinants for its existence.

The end of the processes of a particular pool gives way to the connection with subsequent pools/processes with responsibility transferred to other participants.

The connection between pools generally is in one preferable way, but if the clinical condition of the patient is modified, the path may be through another pool (example: if the patient is already in the ward but needs to return to the operating room, he is transferred from pool 4 to pool 2, and the flow restarts).

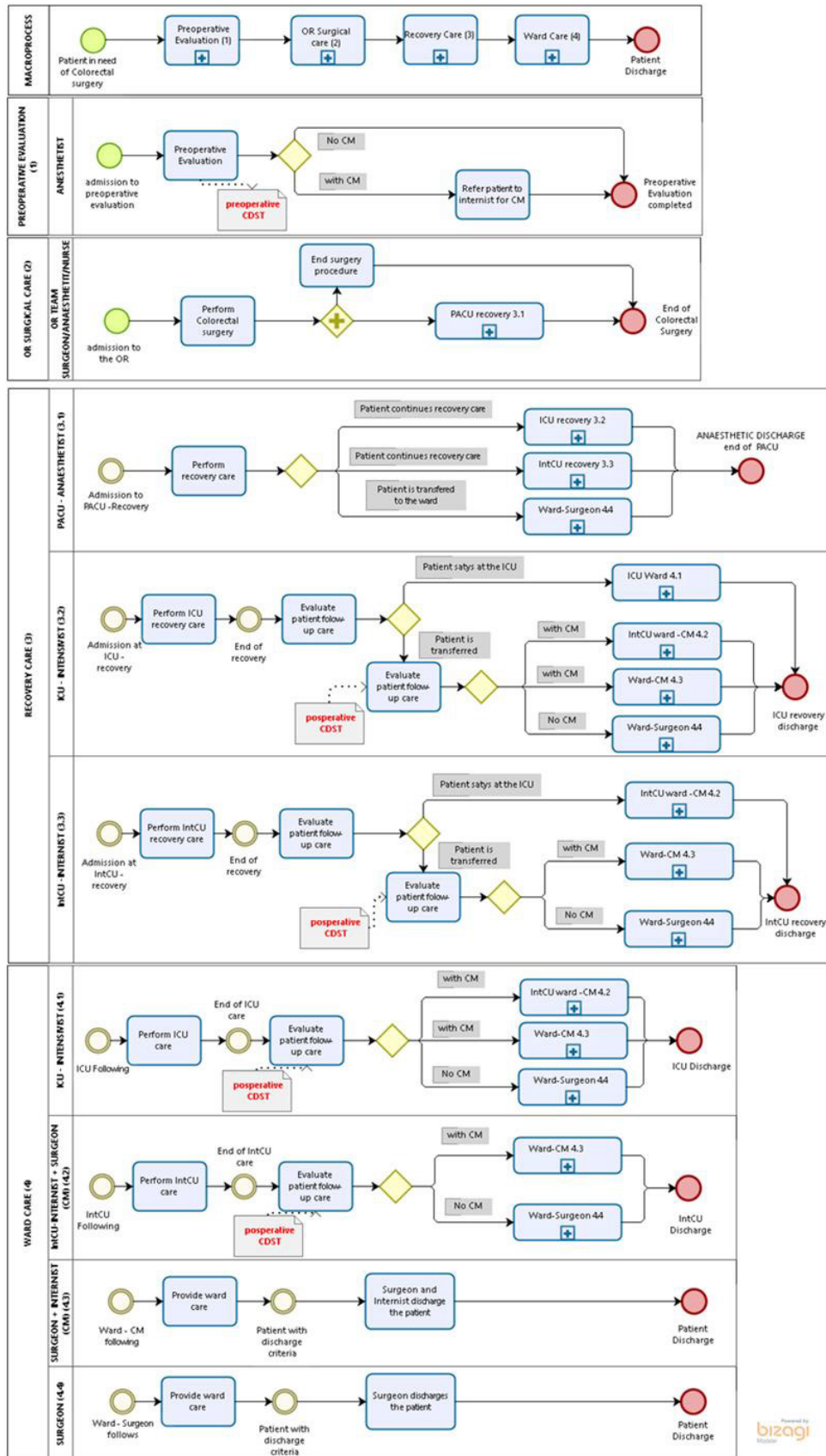


Figura 1: graphic chart of the macro process of the clinical flow of the colorectal surgical patient in the hospital and the ensemble of the 4 pools/processes that compose it. This to-be model chart has been obtained by adding to the as-is model, both the preoperative CDST and the postoperative CDST (in red) at the places in the flow where they should be used.

## DISCUSSION

Clinical pathways are used to improve patient outcomes and organizational efficiency and are focused on processes, requiring a multidisciplinary participatory approach during design and implementation [10].

This case study is one of a few examples of multidisciplinary participation on the development of a CPW represented visually in a graphic model understandable by all participants.

The main contribution of this methodology was to allow to highlight the gaps in the CPW and consequently to find the solutions needed to fill them. By graphically designing the CPW by joining together the contribution of the participants it became apparent that the main gap in the CPW was the lack of explicit definition of the criteria used to select the patients for CM. This guided us to construct a CDST in order to attain the objectiveness needed. The results led to the creation of the two CDST: the first CDST applied at the preoperative evaluation [9], and the second adjusting the first decision after the first overnight of the recovery period. Applying these CDSTs in a two-step sequence, giving rise to the to-be model, will potentially allow for better management of available hospital capacity and a specific patient orientation on decision of CM.

Hospital processes are highly complex, and their graphical visualization facilitates their management, detection of failures and improvement, by means of the common understanding by those involved.

BPMN is a good way to graphically represent the responsibilities of each participant and problems associated, and consequently, to identify and to adopt the tools for promoting multidisciplinary participation for continuity of care, and process evaluation [6], thereby improving the quality and safety in healthcare services.

The proposed method was helpful to describe and analyse the CPW enabling in the future to improve the patient-centred management and the functioning of healthcare collaboration at the Hospital where this study took place.

WORD COUNT=1009

## REFERENCES

1. Auerbach AD, Wachter RM, Cheng HQ, Maselli J, McDermott M, Vittinghoff E, et al. Comanagement of surgical patients between neurosurgeons and hospitalists. *Arch Intern Med*. 2010;170(22):2004–10.
2. Rohatgi N, Wei PH, Grujic O, Ahuja N. Surgical Comanagement by Hospitalists in Colorectal Surgery. *J Am Coll Surg* [Internet]. 2018;227(4):404-410.e5. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2018.06.011>
3. Gillies MA, Pearse RM. Intensive care after high-risk surgery what's in a name? *Anesthesiology*. 2016;124(4):761–2.
4. Group® TOM. Graphical notations for business processes [Internet]. [cited 2019 Jul 27]. Available from: <http://www.bpmn.org/>
5. Stuit M, Wortmann H, Szirbik N, Roodenburg J. Multi-View Interaction Modelling of human collaboration processes: A business process study of head and neck cancer care in a Dutch academic hospital. *J Biomed Inform* [Internet]. 2011;44(6):1039–55. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbi.2011.08.007>
6. Mincarone P, Leo CG, Trujillo-Martín MDM, Manson J, Guarino R, Ponzini G, et al.

- Standardized languages and notations for graphical modelling of patient care processes: A systematic review. *Int J Qual Heal Care*. 2018;30(3):169–77.
7. Garcia F. Business process modeling in healthcare Perspectives on Digital Pathology Marcial García-Rojo. 2012;(May 2014).
  8. Rolón E, García F, Ruiz F, Piattini M, Calahorra L, García M, et al. Process Modeling of the Health Sector Using Bpmn: a Case Study. In: In Proceedings of the First International Conference on Health Informatics. 2011. p. 173–8.
  9. Horta AB, Salgado C, Fernandes M, Vieira S, Sousa JM, Papoila AL, et al. Clinical decision support tool for Co-management signalling. *Int J Med Inform [Internet]*. 2018 Feb [cited 2018 Feb 25];113:56–62. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1386505618301060>
  10. De Allegri M, Schwarzbach M, Loerbroks A, Ronellenfitsch U. Which factors are important for the successful development and implementation of clinical pathways? A qualitative study. *BMJ Qual Saf*. 2011;20(3):203–8.

#### 7.4. APRESENTAÇÕES



1. Alexandra Bayão Horta. «Risco pré e pós-operatório». Conferência em Mesa Redonda. 20.º Congresso Nacional de Medicina Interna, Funchal, Março 2014.
2. Alexandra Bayão Horta. «O doente agudo na enfermaria clássica». Conferência em Mesa Redonda. 2.º Congresso Nacional do Grupo Espírito Santo Saúde, Lisboa, Novembro 2014.
3. Alexandra Bayão Horta. «A Cirurgia de Urgência para Não Cirurgiões». Conferência. 1.º Congresso Nacional da Urgência do Núcleo de Estudos de Urgência e do Doente Agudo da Sociedade Portuguesa de Medicina Interna, Funchal, Outubro de 2015.
4. Alexandra Bayão Horta. «Co-Management em especialidades cirúrgicas». Conferência em Mesa Redonda no painel: «Avanços e Recuos da Vida Hospitalar». 3.º Congresso Nacional de Medicina do Grupo Espírito Santo Saúde, Lisboa, Novembro de 2015.
5. Alexandra Bayão Horta. «Papel da Medicina Interna» inserido no painel «Clínicas de Preparação Pré-operatória», Conferência em Mesa Redonda no painel: «Melhoria dos resultados pós-operatórios». 4.<sup>as</sup> Jornadas do Departamento de Cirurgia do HBA, Lisboa, Maio de 2016.
6. Alexandra Bayão Horta, Cátia Salgado, Marta Fernandes, Susana Vieira, Ana Luisa Papoila, João Miguel Sousa, Miguel Xavier. «A decision support tool to select patients for Co-management». Poster. 17<sup>th</sup> European Congress of Internal Medicine, Wiesbaden-Germany, Agosto 2018.


# **ANEXOS**





## 8.1. ANEXO 1 — AUTORIZAÇÕES DAS COMISSÕES DE ÉTICA






**Decisão final sobre o projeto "Impacto de um Programa de Responsabilidade Partilhada entre a Medicina Interna e a Cirurgia Geral"**

A Comissão de Ética da NMS/FCM-UNL (CEFCM) decidiu, por unanimidade, aprovar o projeto de investigação intitulado "Impacto de um Programa de Responsabilidade Partilhada entre a Medicina Interna e a Cirurgia Geral" (nº05/2016/CEFCM), submetido pela Dra. Alexandra Bayão Horta.

Lisboa, 10 de Março de 2016

O Presidente da Comissão de Ética,




(Prof. Doutor Diogo Pais)

**TO WHOM IT MAY CONCERN**

The Ethics Research Committee NMS/FCM-UNL (CEFCM) has unanimously approved the Project entitled "Impacto de um Programa de Responsabilidade Partilhada entre a Medicina Interna e a Cirurgia Geral" (nr.05/2016/CEFCM), submitted by Dr. Alexandra Bayão Horta.

Lisbon, March 10<sup>th</sup>, 2016

The Chairman of the Ethics Research Committee,



(Diogo Pais, MD, PhD)

Campo dos Mártires da Pátria, 130 | 1169-056 Lisboa | Portugal | T. +351 218 803 000 – Ext. 20447 E-mail: cefcm@fcm.unl.pt



Comissão de Ética para a Saúde  
Hospital da Luz

Exma. Senhora  
Dr.ª Alexandra Bayao Horta  
Hospital da Luz

Ref. CES/ME/08/2016

22 de Fevereiro de 2016

C.C: Diretor Clínico / Conselho de Administração

**ASSUNTO:** ESTUDO " Impacto de um programa de responsabilidade Partilhada entre a Medicina Interna e Cirurgia Geral"

A Comissão de Ética para a Saúde do Hospital da Luz, aprovou a 4 de Fevereiro de 2016, o estudo "Impacto de um programa de responsabilidade Partilhada entre a Medicina Interna e Cirurgia Geral" de qual é V. Exa. Investigadora principal.

Peł" A Comissão de Ética para a Saúde

Manuela Escumalha, Presidente

Hospital da Luz Lisboa • [hospitaldalu.pt/lisboa](http://hospitaldalu.pt/lisboa)  
Avenida Lusíada, 100 • 1500-650 Lisboa • Portugal  
T. +351 217 104 400 • F. +351 217 104 409 • E. [geral.lisboa@hospitaldalu.pt](mailto:geral.lisboa@hospitaldalu.pt)  
Hospital da Luz, SA • Capital Social: 3 000 000 €  
Registo da C.R.C. de Lisboa e Contribuinte nº 507 185 637

LUZ SAÚDE

HL00000000

## 8.2. ANEXO 2 — TABELAS

### 8.2.1. Tabela 1 — Score S-MPM

**TABLE 7.** S-MPM Scoring System for Estimating Risk of 30-Day Mortality After Noncardiac Surgery

Risk Factor	Points Assigned
ASA physical status	
I	0
II	2
III	4
IV	5
V	6
Procedure risk	
Low risk	0
Intermediate risk	1
High risk	2
Emergency	
Nonemergent	0
Emergency surgery	1

**TABLE 6.** S-MPM Class Levels and Associated Risk of Mortality

Class	Point Total	Mortality
I	0–4	<0.50%
II	5–6	1.5%–4.0%
III	7–9	>10%

Fonte: *Annals of Surgery*. Volume 255, Number 4, April 2012

### 8.2.2. Tabela 2 — Escala ASA-PS

**Table 1** Description of ASA-PS classes

ASA-PS class	Description
Class I	A normal healthy patient
Class II	A patient with mild systemic disease
Class III	A patient with severe systemic disease
Class IV	A patient with severe systemic disease that is a constant threat to life
Class V	A moribund patient who is not expected to survive without operation
Class VI	A declared brain-dead patient whose organs are being removed for donation

Fonte: *British Journal of Anaesthesia* 113 (3): 424–32 (2014). doi:10.1093/bja/aeu100

### 8.2.3. Tabela 3 — Classificação AKIN

Classification/staging system for acute kidney injury <sup>a</sup>		
Stage	Serum creatinine criteria	Urine output criteria
1	Increase in serum creatinine of more than or equal to 0.3 mg/dl ( $\geq 26.4 \mu\text{mol/l}$ ) or increase to more than or equal to 150% to 200% (1.5- to 2-fold) from baseline	Less than 0.5 ml/kg per hour for more than 6 hours
2 <sup>b</sup>	Increase in serum creatinine to more than 200% to 300% ( $> 2$ - to 3-fold) from baseline	Less than 0.5 ml/kg per hour for more than 12 hours
3 <sup>c</sup>	Increase in serum creatinine to more than 300% ( $> 3$ -fold) from baseline (or serum creatinine of more than or equal to 4.0 mg/dl [ $\geq 354 \mu\text{mol/l}$ ] with an acute increase of at least 0.5 mg/dl [ $44 \mu\text{mol/l}$ ])	Less than 0.3 ml/kg per hour for 24 hours or anuria for 12 hours

<sup>a</sup>Modified from RIFLE (Risk, Injury, Failure, Loss, and End-stage kidney disease) criteria [26]. The staging system proposed is a highly sensitive interim staging system and is based on recent data indicating that a small change in serum creatinine influences outcome. Only one criterion (creatinine or urine output) has to be fulfilled to qualify for a stage. <sup>b</sup>200% to 300% increase = 2- to 3-fold increase. <sup>c</sup>Given wide variation in indications and timing of initiation of renal replacement therapy (RRT), individuals who receive RRT are considered to have met the criteria for stage 3 irrespective of the stage they are in at the time of RRT.

Fonte: *Critical Care* 2007, **11**:R31 (doi:10.1186/cc5713)

Available online <http://ccforum.com/content/11/2/R31>

## 8.3. ANEXO 3 — ESCALAS DE MEDIÇÃO DE CO-MORBILIDADES E OU COMPLICAÇÕES

### 8.3.1. Índice de Comorbilidades de Charlson

Table 3. Weighted index of comorbidity	
Assigned weights for diseases	Conditions
1	Myocardial infarct Congestive heart failure Peripheral vascular disease Cerebrovascular disease Dementia Chronic pulmonary disease Connective tissue disease Ulcer disease Mild liver disease Diabetes
2	Hemiplegia Moderate or severe renal disease Diabetes with end organ damage Any tumor Leukemia Lymphoma
3	Moderate or severe liver disease
6	Metastatic solid tumor AIDS

Assigned weights for each condition that a patient has. The total equals the score. Example: chronic pulmonary (1) and lymphoma (2) = total score (3).

Fonte: *J Chron Dis* Vol. 40, No. 5, pp. 373-383, 1987

## 8.3.2. ASA-PS

ASA PS Classification	Definition	Examples, including, but not limited to:
<b>ASA I [P1]</b>	A normal healthy patient	Healthy, non-smoking, no or minimal alcohol use.
<b>ASA II [P2]</b>	A patient with mild systemic disease	Mild diseases only without substantive functional limitations. Examples include (but not limited to): current smoker, social alcohol drinker, pregnancy, obesity (30 < BMI < 40), well-controlled DM/HTN, mild lung disease.
<b>ASA III [P3]</b>	A patient with severe systemic disease	Substantive functional limitations; One or more moderate to severe diseases. Examples include (but not limited to): poorly controlled DM or HTN, COPD, morbid obesity (BMI ≥40), active hepatitis, alcohol dependence or abuse, implanted pacemaker, moderate reduction of ejection fraction, ESRD undergoing regularly scheduled dialysis, premature infant PCA < 60 weeks, history (>3 months) of MI, CVA, TIA or CAD/stents.
<b>ASA IV [P4]</b>	A patient with severe systemic disease that is a constant threat to life	Examples include (but not limited to): recent (< 3 months) MI, CVA, TIA or CAD/stents, ongoing cardiac ischemia or severe valve dysfunction, severe reduction of ejection fraction, sepsis, DIC, ARD or ESRD not undergoing regularly scheduled dialysis.
<b>ASA V [P5]</b>	A moribund patient who is not expected to survive without the operation	Examples include (but not limited to): ruptured abdominal/thoracic aneurysm, massive trauma, intracranial bleed with mass effect, ischemic bowel in the face of significant cardiac pathology or multiple organ/system dysfunction.
<b>ASA VI [P6]</b>	A declared brain-dead patient whose organs are being removed for donor purposes	

*Key to abbreviations: ARD, acid reflux disease; BMI, body mass index; CAD, coronary artery disease; COPD, chronic obstructive pulmonary disease; CVA, cerebral vascular accident; DIC, disseminated intravascular coagulation; DM, diabetes mellitus; ESRD, end-stage renal disease; HTN, hypertension; MI, myocardial infarction; PCA, postconceptual age; TIA, transient ischemic attack.*

Fonte: ASA House of Delegates/Executive Committee. Original approval: October 15, 2014

## 8.3.3. RCI

Risk Factors	Points
History of ischemic heart disease	1
High-risk type of surgery	1
History of congestive heart failure	1
History of cerebrovascular disease	1
Preoperative treatment with insulin	1
Preoperative serum creatinine >2.0 mg/dL	1

**RISK OF MAJOR CARDIAC EVENT**

Points	Class	Risk
0	I	0.4%
1	II	0.9%
2	III	6.6%
3 or more	IV	11%

Fonte: Clin Surg. 2016; 1: 1050

## 8.3.4. NSQIP

Fonte: <https://riskcalculator.facs.org/RiskCalculator/PatientInfo.jsp>



## 8.4 ANEXO 4 — ESCALAS DE RISCO CIRÚRGICO

### 8.4.1. Escala de grau de risco cirúrgico S-MPM

Appendix 1b. <b>Intermediate Risk Procedures</b>			
Operation	Current Procedure Terminology Codes	Sample Size	Death, %
Vascular			
Endovascular abdominal aortic aneurysm repair	34800-34834	3,807	2.36
Infrainguinal Vascular reconstruction	35141, 35355-35372, 35526-35600, 35646-35671, 35700-35907	11,549	3.32
Abdominal			
Hiatal hernia repair	39502	380	2.11
Nissen fundoplasty	43324-43330	544	1.29
Splenectomy	38100-38115	752	5.72
Laparoscopic splenectomy	38120, 38129	759	1.98
<b>Laparoscopic colectomy or small bowel resection</b>	44204-44213	8,877	1.08
Repair of enteric fistula	44640-44661	557	2.69
<b>Closure enterostomy</b>	44620-44626	5,026	0.72
Cholecystectomy	47600-47620	4,395	2.66
Laparoscopic liver procedure	47370-47379	553	1.63

Appendix 1a. <b>High-Risk Procedures</b>			
Operation	Current Procedure Terminology Codes	Sample Size	Death, %
Vascular			
Abdominal aortic aneurysm repair, ruptured	35082, 35092, 35103	450	34.4
Abdominal aortic aneurysm repair, nonruptured	35081, 35091, 35102	2,307	5.03
Embolectomy/Thrombectomy	34001-34490	1,258	11.9
Amputation	27590-27598, 27880-27889, 28800-28825	4,543	8.45
Thoracic			
Pulmonary resection	32440-32540, 32567	670	3.13
Esophagectomy	43107-43135	669	3.29
Abdominal			
Exploratory laparotomy	49000, 49002, 49010, 49020, 49040, 49060, 49062	5,243	14.3
Repair of perforated bowel	44602-44605	695	12.7
Stomach surgery	43610-43641	2,302	4.43
Enterostomy	44300-44346	2,426	6.18
<b>Colectomy</b>	44140-44160	19,882	5.67
Small bowel resection	44120-44125, 444130	5,553	8.39
Bile duct surgery	47760-47999	822	2.79
Liver resection	47120-47130	2,331	2.45
Pancreatic resection	48100-48160	4,707	2.83
Adrenal resection	60540, 60545	255	1.96

Fonte: *Ann Surg* 2012;255:696–702. Supplemental Digital Content 1–3: Appendices 1a, 1b, available at <http://links.lww.com/SLA/A223>, <http://links.lww.com/SLA/A224>, respectively)

#### 8.4.2. Gradação de Risco Cirúrgico usada no estudo EuSOS

do you mean by severity of surgery?

the category of surgery which indicates a combination of complexity and anticipated severity of injury.

minor surgery would include procedures lasting less than 30 minutes performed in an ambulatory operating room which would often involve extremities or body surface or minimally invasive diagnostic and therapeutic procedures eg arthroscopy without intervention, removal of a cutaneous tumour, diagnostic proctology, biopsy of small lesions, etc.

Intermediate procedures are more prolonged or complex that may pose the risk of significant complications or tissue injury. Examples include laparoscopic cholecystectomy, arthroscopy with intervention, bilateral varicose vein resection, inguinal hernia repair, breast lump resection, haemorrhoidectomy, partial thyroidectomy, cataract surgery, uvuloplasty, minimally invasive repair of vaginal prolapse, vaginal hysterectomy, tendon repair of hand, fixation of a distal radius fracture, etc.

Major surgical procedures are expected to last more than 90 minutes and include procedures such as major joint replacement, mastectomy, extensive head and neck resection, abdominal aortic aneurysm repair, major vascular bypass procedures, etc.

Fonte: *Lancet* 2012; **380**: 1059–65. European Surgical Outcomes Study (EuSOS)  
— Frequently Asked Questions. Version 1.3 6th March 2011

#### 8.4.3. Escala de Risco da Norma de Orientação Clínica da Direcção Geral de Saúde Portuguesa

**Tabela 2 - Risco associado à cirurgia**

Baixo Risco <1%	Risco intermédio 1-5%	Risco Elevado >5%
Mama	Intraperitoneal (esplenectomia, reparação de hérnia hiato, colecistectomia)	Cirurgia aórtica e vascular <i>major</i>
Dentária	Carótida sintomática (CEA ou CAS)	Cirurgia vascular periférica (aberta, amputação ou tromboembolectomia)
Endócrina: tiroide	Angioplastia arterial periférica	Cirurgia duodeno pancreática
Globo ocular	Reparação endovascular de aneurismas	Ressecção hepática e cirurgia das vias biliares
Ginecológica: <i>minor</i>	Cirurgia da cabeça e pescoço	Esofagectomia
Reconstrutiva	Ginecológica ou urológica <i>major</i>	Reparação do intestino perfurado
Carótida assintomática (CEA ou CAS)	Neurocirurgia	Ressecção adrenérgica
Ortopédica <i>minor</i> : (meniscectomia)	Cirurgia ortopédica <i>major</i> (coluna e anca)	Cistectomia total
Urológica <i>minor</i> (RTUV)	Transplante renal	Pneumectomia
		Transplante pulmonar ou hepático

Fonte: Traduzido e adaptado de [www.escardio.org](http://www.escardio.org)

Fonte: Norma de Orientação Clínica da Direcção Geral de Saúde Portuguesa  
— Norma n.º 029/2013 de 31/12/2013 atualizada a 24/04/2015.



#### 8.4.4. Escala de Risco Cirúrgico usada no *Surgical Risk Score*

**Table 2** Calculation of Surgical Risk Score

NCEPOD		ASA		BUPA	
Elective	1	Fit and well	1	Minor	1
Scheduled	2	Mild disease	2	Intermediate	2
Urgent	3	Limiting disease	3	Major minus	3
Emergency	4	Incapacitated	4	Major plus	4
		Moribund	5	Complex major	5

The Surgical Risk Score was calculated by summation of linear severity grading scores allocated to the National Confidential Enquiry into Patient Outcome and Death (NCEPOD) classification of mode of presentation, the American Society of Anesthesiologists (ASA) classification of operative risk and the British United Provident Association (BUPA) schedule of procedures.

Fonte: *British Journal of Surgery* 2005;**92**: 1288-1292





